

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-135482

(P2001-135482A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

フォーマット* (参考)

H 0 5 B 33/22

H 0 5 B 33/22

B 3 K 0 0 7

C 0 9 K 11/06

6 5 0

C 0 9 K 11/06

6 5 0

H 0 5 B 33/14

H 0 5 B 33/14

B

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号

特願平11-312070

(22) 出願日

平成11年11月2日 (1999.11.2)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 鬼島 靖典

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 柴沼 徹朗

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100076059

弁理士 逢坂 宏

最終頁に続く

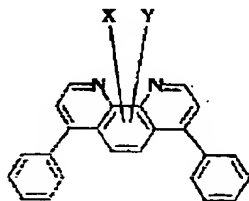
(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子

(57) 【要約】

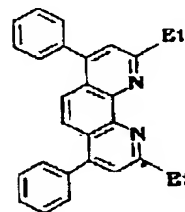
(修正有)

【課題】 既存の材料の応用により発光効率を高めると共に、長時間安定発光し、高輝度で色度良好な青色発光が可能な電界発光素子を提供すること。

【解決手段】 ガラス基板6上に、ITO透明電極5、ホール輸送層4、電子輸送層2及び金属電極1がこの順に積層される構造のシングルヘテロ型の有機EL素子において、上記のホール輸送層4と電子輸送層2との間に下記一般式



具体的には、例えば



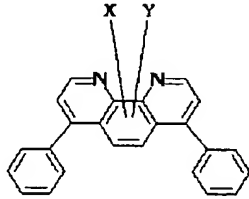
Et: エチル基で示されるバソフェナントロリン誘導体を含むホールブロック層33を設ける。これにより、ホール輸送性発光層4bにおける電子-ホールの再結合を促進することができる。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光領域が有機化合物からなり、前記発光領域を含む有機物質からなる積層体により構成される有機電界発光素子において、主たる発光領域に接する部分に、

【化 1】

一般式：



〔この一般式中、X 及び Y は互いに同一の若しくは異なる基であって、水素原子（但し、2-及び9-位が水素原子である場合は除く。）、置換若しくは非置換のアルキル基（但し、2-及び9-位がメチル基である場合は除く。）、置換若しくは非置換のシクロアルキル基、置換若しくは非置換のアリール基、置換若しくは非置換のアミノ基、ハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基又は水酸基を表し、これらの基を任意の位置に少なくとも1つ含む。〕で表されるバソフェナントロリン誘導体が含まれていることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 2】 正孔輸送性有機材料（ホール輸送性有機材料）中で電子-正孔の再結合による発光が得られる、請求項 1 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 3】 正孔輸送性有機材料（ホール輸送性有機材料）中で電子-正孔の再結合による発光が得られ、正孔輸送層中で前記再結合を起こすために、前記バソフェナントロリン誘導体を含有するホールブロック層を有する、請求項 1 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 4】 前記ホールブロック層が正孔輸送層と電子輸送層との間に設けられている、請求項 3 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 5】 前記ホールブロック層の最高占有分子軌道（HOMO）レベルが、前記ホールブロック層の両側に接して積層された各有機層のそれぞれの最高占有分子軌道（HOMO）レベルのうちエネルギー的に低い方の最高占有分子軌道（HOMO）レベル以下にある、請求項 3 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 6】 前記ホールブロック層の最低非占有分子軌道（LUMO）レベルが、前記ホールブロック層の両側に接して積層された各有機層のそれぞれの最低非占有分子軌道（LUMO）レベルのうちエネルギー的に低い方の最低非占有分子軌道（LUMO）レベル以上であり、かつエネルギー的に高い方の最低非占有分子軌道（LUMO）レベル以下にある、請求項 3 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 7】 前記バソフェナントロリン誘導体が発光材料としても機能する、請求項 1 に記載した有機電界発

(2)

特開 2001-135482

2

光素子。

【請求項 8】 光学的に透明な基体上に、透明電極、前記積層体及び金属電極が順次積層されている、請求項 1 に記載した有機電界発光素子。

【請求項 9】 カラーディスプレイ用の素子として構成されている、請求項 8 に記載した有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、有機電界発光素子に関し、例えば、自発光の平面型ディスプレイであって、特に、有機薄膜を電界発光層に用いる有機電界発光カラーディスプレイ等の表示素子又は発光性デバイスに好適な有機電界発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、マルチメディア指向の商品を初めとして、人間と機械とのインターフェースの重要性が高まってきている。人間がより快適に効率良く機械操作するためには、操作される機械からの情報を誤りなく、簡潔に、瞬時に、十分な量で取り出す必要があり、そのために、ディスプレイを初めとする様々な表示素子について研究が行われている。

【0003】 また、機械の小型化に伴い、表示素子の小型化、薄型化に対する要求も日々、高まっているのが現状である。

【0004】 例えば、ノート型パーソナルコンピュータ、ノート型ワードプロセッサなどの、表示素子一体型であるラップトップ型情報処理機器の小型化には目を見張る進歩があり、それに伴い、その表示素子である液晶ディスプレイに関しての技術革新も素晴らしいものがある。

【0005】 今日、液晶ディスプレイは、様々な製品のインターフェースとして用いられており、ラップトップ型情報処理機器はもちろんのこと、小型テレビや時計、電卓を初めとして、我々の日常使用する製品に多く用いられている。

【0006】 これらの液晶ディスプレイは液晶が低電圧駆動、低消費電力であるという特徴を生かし、小型から大容量表示デバイスに至るまで、人間と機械のインターフェースとして、表示素子の中心として研究されてきた。

【0007】 しかし、この液晶ディスプレイは自発光性でないため、バックライトを必要とし、このバックライト駆動に、液晶を駆動するよりも大きな電力を必要とするため、結果的に内蔵蓄電池等では使用時間が短くなり、使用上の制限がある。

【0008】 更に、液晶ディスプレイは、視野角が狭いため、大型ディスプレイ等の大型表示素子には適していないことも問題である。

【0009】 また、液晶ディスプレイは、液晶分子の配向状態による表示方法であるので、視野角の中において

も、角度によりコントラストが変化してしまうのも大きな問題であると考えられる。

【0010】また、駆動方式から考えれば、駆動方式の一つであるアクティブマトリクス方式は、動画を扱うに十分な応答速度を示すが、TFT（薄膜トランジスタ）駆動回路を用いるため、画素欠陥により画面サイズの大

型化が困難であり、コストダウンの点からみても不利である。

【0011】液晶ディスプレイにおいて、別の駆動方式である単純マトリクス方式は、低コストである上に画面

サイズの大型化が比較的容易であるが、動画を扱うに十分な応答速度を有していないという問題がある。

【0012】これに対し、自発光性表示素子は、プラズマ表示素子、無機電界発光素子、有機電界発光素子等が研究されている。

【0013】プラズマ表示素子は低圧ガス中でのプラズマ発光を表示に用いたもので、大型化、大容量化に適しているが、薄型化、コストの面での問題を抱えている。また、駆動に高電圧の交流バイアスを必要とし、携帯用

デバイスには適していない。

【0014】無機電界発光素子は、緑色発光ディスプレイ等が商品化されたが、プラズマ表示素子と同様に、交流バイアス駆動であり、駆動には数百V必要であり、実用性に欠けている。

【0015】しかし、技術の発展により、カラーディスプレイ表示に必要なR（赤）、G（緑）、B（青）の三原色の発光に成功はしているが、無機材料のために、分子設計などによる発光波長等の制御は困難であり、フルカラー化は困難であると思われる。

【0016】一方、有機化合物による電界発光現象は、1960年代前半に、強く螢光を発生するアントラセン単結晶へのキャリア注入による発光現象が発見されて以来、長い期間、研究されてきたが、低輝度、単色で、しかも単結晶であったため、有機材料へのキャリア注入という基礎的研究として行われていた。

【0017】しかし、1987年にEastman Kodak社のTangらが低電圧駆動、高輝度発光が可能なアモルファス発光層を有する積層構造の有機薄膜電界発光素子を発表して以来、各方面で、R、G、Bの三原色の発光、安定性、輝度上昇、積層構造、作製方法等の研究開発が盛んに行われている。

【0018】さらに、有機材料の特徴であるが、分子設計等により様々な新規材料が発明され、直流低電圧駆動、薄型、自発光性等の優れた特徴を有する、有機電界発光表示素子のカラーディスプレイへの応用研究も盛んに行われ始めている。

【0019】有機電界発光素子（以下、有機EL素子と称することがある。）は、1 μ m以下の膜厚であり、電流を注入することにより電気エネルギーを光エネルギーに変換して面状に発光するなど、自発光型の表示デバイ

スとして理想的な特徴を有している。

【0020】図14は、従来の有機EL素子10の一例を示す。この有機EL素子10は、透明基板（例えばガラス基板）6上に、ITO（Indium tin oxide）透明電極5、ホール輸送層4、発光層3、電子輸送層2、陰極（例えばアルミニウム電極）1を例えば真空蒸着法で順次成膜したものである。

【0021】そして、陽極である透明電極5と陰極1との間に直流電圧7を選択的に印加することによって、透明電極5から注入されたキャリアとしてのホールがホール輸送層4を経て、また陰極1から注入された電子が電子輸送層2を経て移動し、電子-ホールの再結合が生じ、ここから所定波長の発光8が生じ、透明基板6の側から観察できる。

【0022】発光層3には、例えばアントラセン、ナフタリン、フェナントレン、ピレン、クリセン、ペリレン、プタジエン、クマリン、アクリジン、スチルベン等の発光物質を使用してよい。これは、電子輸送層2に含有させることができる。

【0023】図15は、別の従来例を示すものであり、発光層3を省略し、電子輸送層2に上記の如き発光物質を含有させ、電子輸送層2とホール輸送層4との界面から所定波長の発光18が生じるように構成した有機EL素子20を示すものである。

【0024】図16は、上記の有機EL素子の具体例を示す。即ち、各有機層（ホール輸送層4、発光層3又は電子輸送層2）の積層体を陰極1と陽極5との間に配するが、これらの電極をマトリクス状に交差させてストライプ状に設け、輝度信号回路34、シフトレジスタ内蔵の制御回路35によって時系列に信号電圧を印加し、多数の交差位置（画素）にてそれぞれ発光させるように構成している。

【0025】従って、このような構成により、ディスプレイとしては勿論、画像再生装置としても使用可能となる。なお、上記のストライプパターンをR、G、Bの各色毎に配し、フルカラー又はマルチカラー用として構成することができる。

【0026】こうした有機EL素子を用いた、複数の画素からなる表示デバイスにおいて、発光する有機薄膜層2、3、4は一般に、透明電極5と金属電極1との間に挟まれており、透明電極5側に発光する。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のような有機EL素子は、なお未解決の問題を有している。

【0028】例えば、有機EL素子のカラーディスプレイへの応用を行う上で、R、G、Bの三原色の安定した発光は必要不可欠な条件であるが、現在の段階では、緑色発光材料以外には、ディスプレイに应用可能な十分な安定性、色度、輝度等を兼ね備えた赤色、及び青色材料についての報告はない。

【0029】殊に、色度の良い青色発光については、発光に伴う熱緩和過程からの発熱や一重項酸素等の存在により、安定した発光すら得ることが困難であるのが現状である。

【0030】さらに、結晶性が高い色素の場合は、固体化したときに多量体が生成することにより、発光波長が長波長化し、発光しても直ぐに消光してしまう等の現象が生じることが多い。

【0031】新規の青色発光材料の開発については、多くの研究がなされているが、新規物質の開発、研究と共に、既存材料の応用により安定した発光を得ることも重要な課題であり、また、材料的にある程度は確立された物質を用いることは、研究開発における時間短縮に大きく貢献し、材料開発の指針を示すことにもなる。

【0032】例えば、蛍光収率の大きいクマリン系レーザー色素は、緑色発光の色純度向上のためのドープ材料として応用でき、また、青色発光材料として発光が得られたとの報告も今日では得られている。これは、クマリン系短波長蛍光色素が一般的に単体では結晶性が高く、アモルファスでは安定な青色発光材料として適さなかったのであるが、共蒸着の手法を取ることでアモルファス性の安定な薄膜が得られるようになったためと考えられる。

【0033】例えばクマリン450などは最大蛍光波長が446nm近辺に存在し、色度としてR、G、Bの青色に対応しているが、クマリンは電子輸送性又は正孔（ホール）輸送性を有していないため、発光材料としての特性は、電子輸送性又はホール輸送性を有する材料と比較して明らかに劣っている。

【0034】また、亜鉛金属錯体に代表されるような材料系は、電子輸送性の青色発光層をシングルヘテロ型の素子構造で作製することにより、安定した青色発光を得ることが可能である。しかし、十分な輝度を得るために印加電圧を大きくしていくに伴い、発光スペクトルが700nm近辺の視感度の良い領域での発光が大きくなり、結果として、青色発光の色度がずれ、白色発光に近づくという欠点がある。

【0035】更に、一般的に有機電界発光素子の寿命は短いため、長寿命化のための研究が各方面で活発に行われている。

【0036】しかし、ディスプレイとして実用化するためには、初期輝度（200カンデラ程度）からの半減時間が一万時間以上であることが好ましいが、このような耐用時間が得られてはいない。これは、有機電界発光素子の実用化に向けて改善すべき大きな問題である。

【0037】本発明の目的は、高発光効率及び高輝度で色度が良好な青色発光も可能であり、長時間安定した発光が可能な素子構造を有する有機電界発光素子を提供することにある。

【0038】

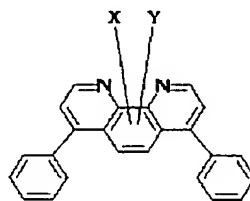
(4)

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記のような実情を鋭意検討し、材料的にも確立している既存の材料を応用することにより、高輝度においても色度の良い発光が可能なアモルファス性薄膜を効率良く発光することができれば、研究開発の大幅な時間短縮や、カラーディスプレイを初めとするフルカラー化と共に、素子の長寿命化に貢献することができることに着目し、本発明に到達した。

【0039】即ち、本発明は、発光領域が有機化合物からなり、前記発光領域を含む有機物質からなる積層体により構成される有機電界発光素子において、主たる発光領域に接する部分に、

【化2】

一般式：



【この一般式中、X及びYは互いに同一の若しくは異なる基であって、水素原子（但し、2-及び9-位が水素原子である場合は除く。）、置換若しくは非置換のアルキル基（但し、2-及び9-位がメチル基である場合は除く。）、置換若しくは非置換のシクロアルキル基、置換若しくは非置換のアリール基、置換若しくは非置換のアミノ基、ハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基又は水酸基を表し、これらの基を任意の位置に少なくとも1つ含む。】で表されるバソフェナントロリン誘導体が含まれていることを特徴とする有機電界発光素子に係るものである。

【0040】本発明の電界発光素子によれば、上記の主たる発光領域に接した部分に含まれているバソフェナントロリン誘導体が正孔の輸送をブロックする作用をなすため、正孔輸送性有機材料中で電子-ホールの再結合による発光が得られること（即ち、正孔輸送層が電子-ホールの再結合領域である発光層を兼ねた構造となること）によって、低電圧駆動でも安定かつ高輝度の発光、特に青色発光が可能になる。そして、上記のバソフェナントロリン誘導体は発光性を有していて、正孔輸送層からの発光のみならず、上記のバソフェナントロリン誘導体からの発光も（或いは、いずれか一方の発光を）得ることができる。

【0041】従って、これまで、非発光性の優れた電子輸送材料が存在しないために困難な構造であると考えられてきた、有機電界発光素子（特に、低電圧駆動、自発光、薄型のアモルファス有機電界発光素子）において、正孔輸送層（ホール輸送層）が電子と正孔の再結合領域である発光層を兼ねると共に、長時間の安定した発光を与える長寿命な素子構造の有機電界発光素子を提供する

ことができる。

【0042】即ち、ホール輸送層が発光層である有機電界発光素子でも、高輝度、高効率の安定した発光を得ることができ、特に、青色発光に関しては顕著であり、DC駆動で10000cd/m²以上、1/100デューティ比でのパルス駆動でも直流換算でピーク輝度55000cd/m²以上を得ることが可能である。

【0043】また、青色発光素子以外でも、青緑色発光、更にドーピングによる赤色発光、黄色発光、またドーピングによる色度の調節も可能である。これにより、優れた色度を持つ青色発光を高輝度で得ることができる有機電界青色発光素子を作製することが可能であり、材料開発における可能性と時間短縮、また、新たな発光材料系及び電子輸送材料の設計指針を示すことができる。

【0044】

【発明の実施の形態】本発明による電界発光素子においては、前記発光領域が主として有機正孔（ホール）輸送層であり、このホール輸送層中で前記再結合を起こすためのホールブロック層を有することが望ましい。

【0045】また、前記ホールブロック層がホール輸送層と電子輸送層との間に設けられていることが望ましい。

【0046】そして、前記ホールブロック層の最高占有分子軌道（HOMO）レベルが、前記ホールブロック層の両側に接して積層された各有機層（特に前記ホール輸送層及び前記電子輸送層）のそれぞれの最高占有分子軌道（HOMO）レベルのうちエネルギー的に低い方の最高占有分子軌道（HOMO）レベル以下にあることが望ましい。

【0047】また、前記ホールブロック層の最低非占有分子軌道（LUMO）レベルが、前記ホールブロック層

の両側に接して積層された各有機層（特に前記ホール輸送層及び前記電子輸送層）のそれぞれの最低非占有分子軌道（LUMO）レベルのうちエネルギー的に低い方の最低非占有分子軌道（LUMO）レベル以上であり、かつエネルギー的に高い方の最低非占有分子軌道（LUMO）レベル以下にあることが望ましい。

【0048】また、前記ホールブロック層は蛍光収率の低い非発光性材料からなっていることが望ましく、複数層の積層構造であってもよい。

10 【0049】更に、ホールブロック層は材料面での制限はないが、ホール輸送性発光層との界面でのエキサイプレックス（exciplex：2量体）の生成（即ち、発光効率の低下）を防止するためにも、蛍光収率の低い非発光性の材料であることが好ましい。

【0050】前記発光領域が短波長発光用のホール輸送性材料からなっているのがよい。また、前記ホールブロック層に使用可能な材料としては、図2に示す上記一般式のバソフェナントロリン誘導体が好適であり、具体的に例示すれば、例えば、図3に示す構造式1～3のものを含む下記の例示化合物1～178が挙げられるが、これらに限定されない（但し、Meはメチル基、Etはエチル基、Prはプロピル基、Buはブチル基を表す）。

【0051】上記の素子は、光学的に透明な基体上に、透明電極、前記有機積層体（特に有機ホール輸送層、ホールブロック層、有機電子輸送層）及び金属電極が順次積層されていることが望ましい。

【0052】これにより、上記の素子は、カラーディスプレイ用の素子としても好適なものとなる。

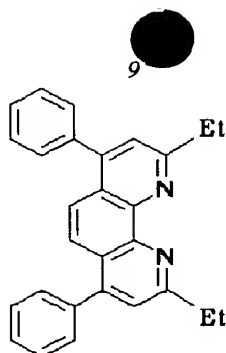
【0053】

30 【化3】

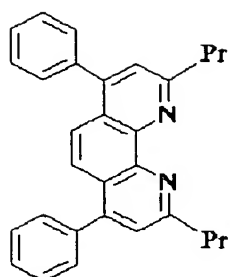
(6)

特開2001-135482

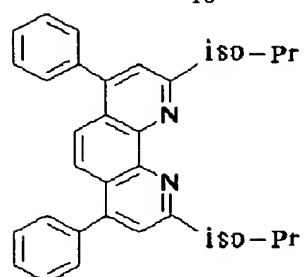
10



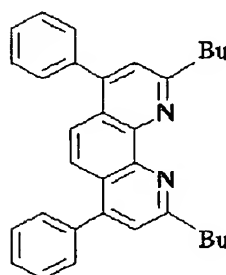
例示化合物 1



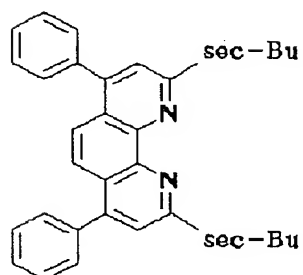
例示化合物 2



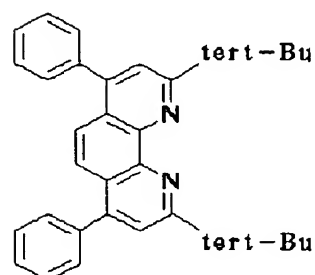
例示化合物 3



例示化合物 4



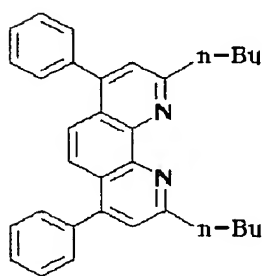
例示化合物 5



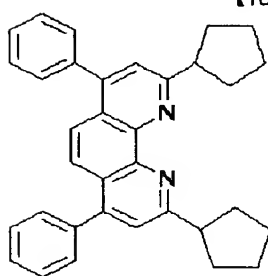
例示化合物 6

【0054】

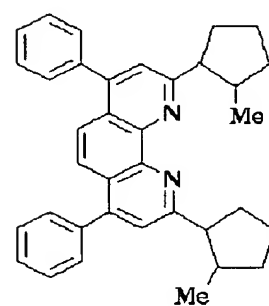
【化4】



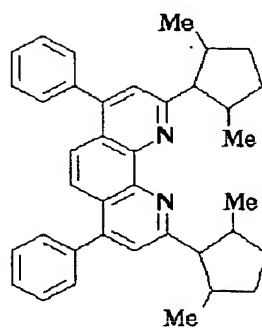
例示化合物 7



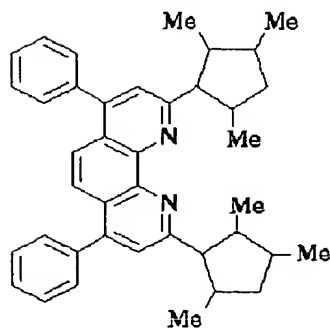
例示化合物 8



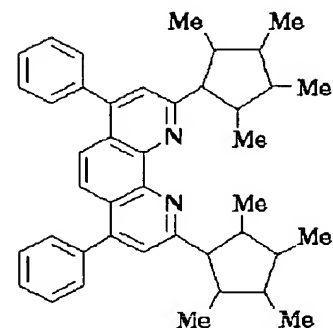
例示化合物 9



例示化合物10



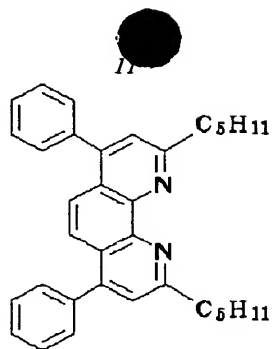
例示化合物11



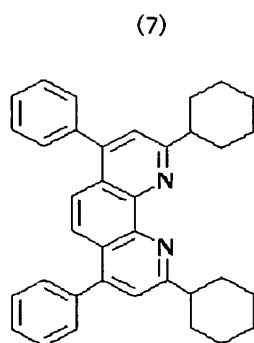
例示化合物12

【0055】

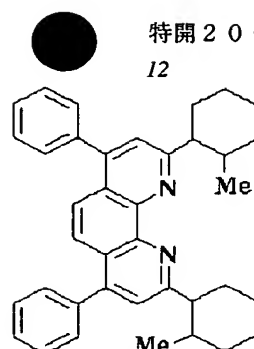
【化5】



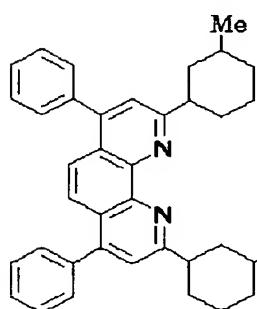
例示化合物13



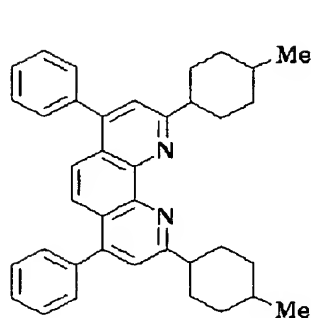
例示化合物14



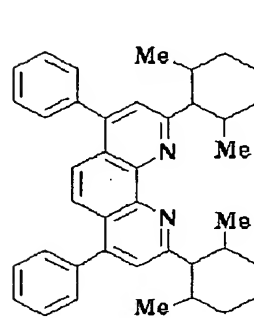
例示化合物15



例示化合物16



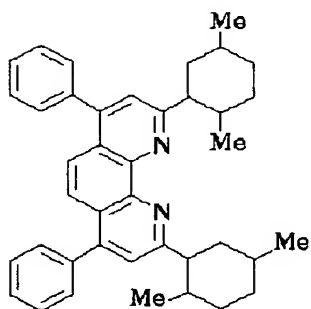
例示化合物17



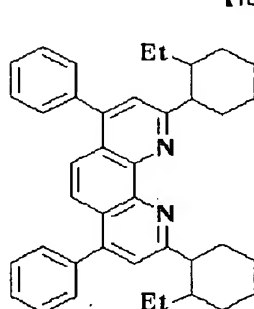
例示化合物18

【0056】

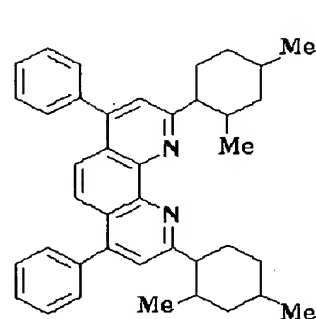
【化6】



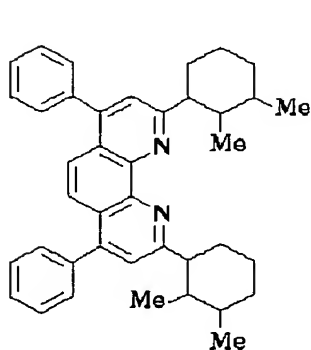
例示化合物19



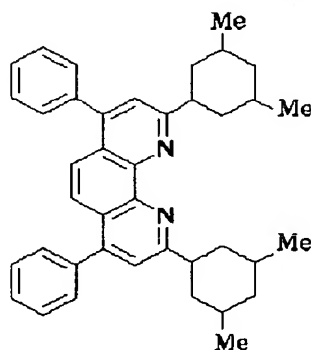
例示化合物20



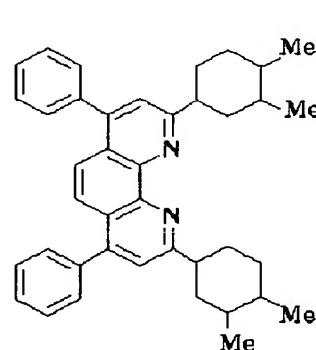
例示化合物21



例示化合物22



例示化合物23



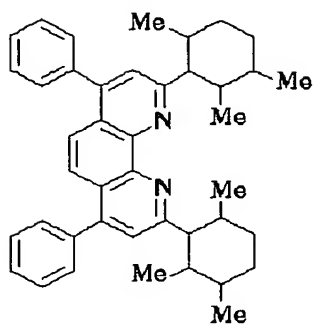
例示化合物24

【0057】

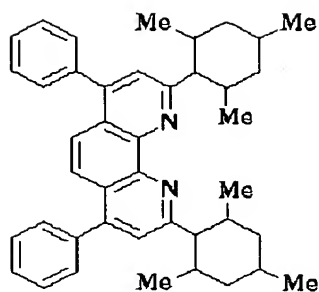
50 【化7】

13

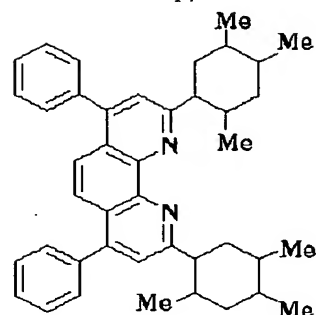
14



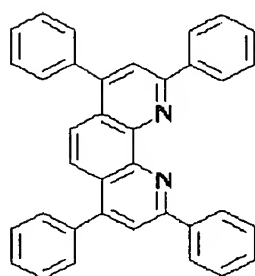
例示化合物25



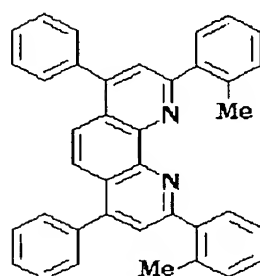
例示化合物26



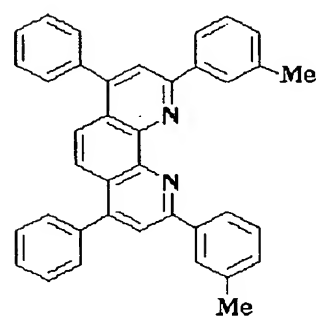
例示化合物27



例示化合物28



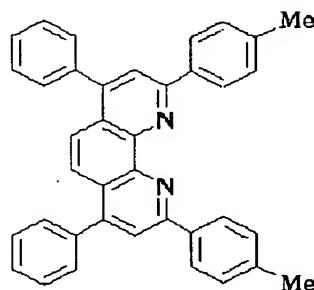
例示化合物29



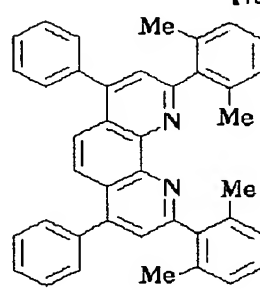
例示化合物30

【0058】

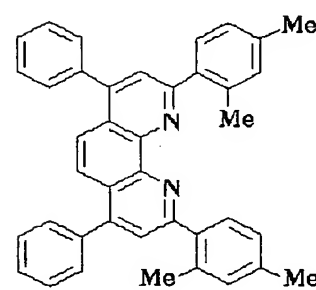
【化8】



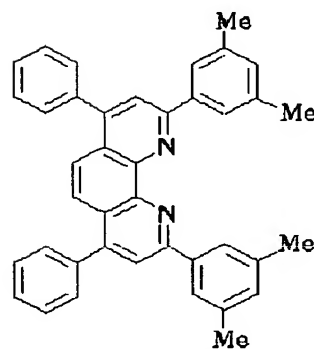
例示化合物31



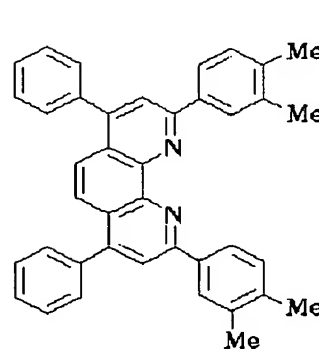
例示化合物32



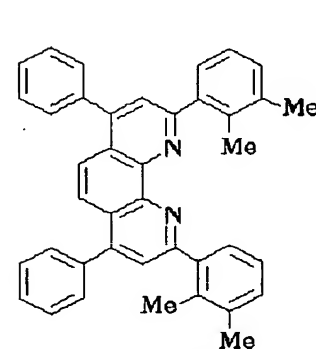
例示化合物33



例示化合物34



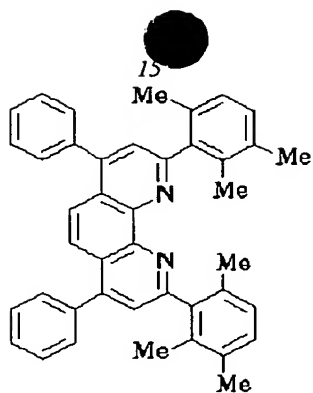
例示化合物35



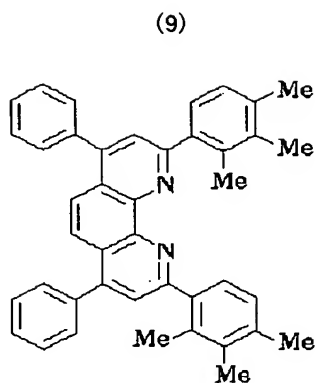
例示化合物36

【0059】

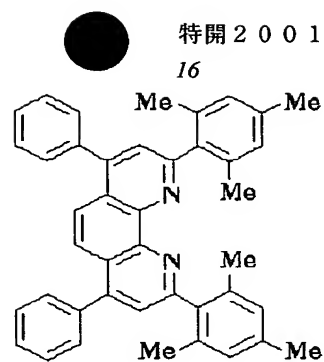
50 【化9】



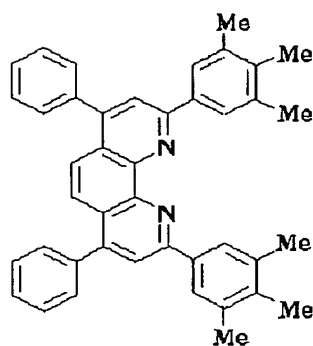
例示化合物 37



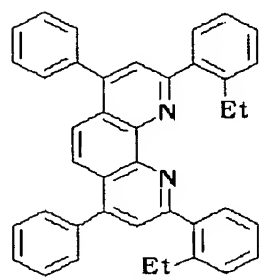
例示化合物 38



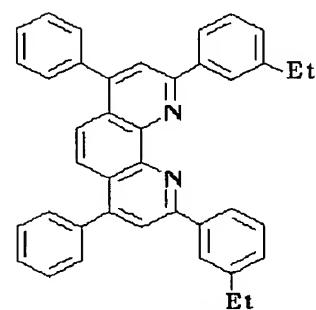
例示化合物 39



例示化合物 40



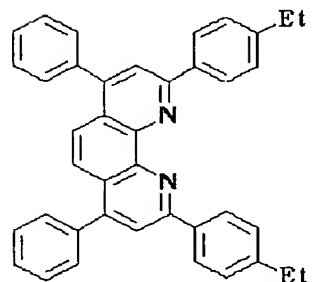
例示化合物 41



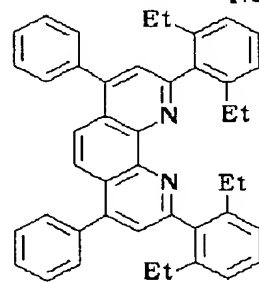
例示化合物 42

【0060】

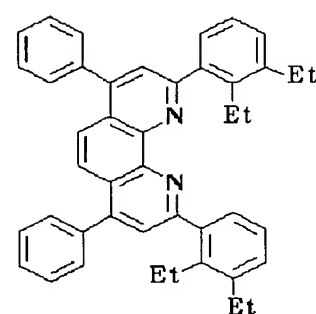
【化10】



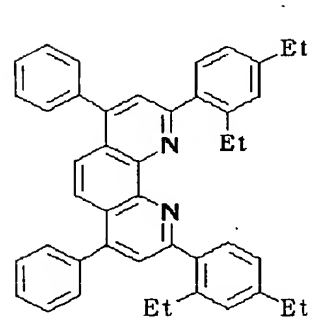
例示化合物 43



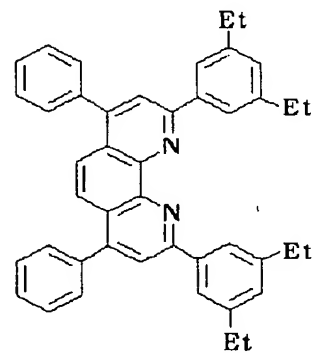
例示化合物 44



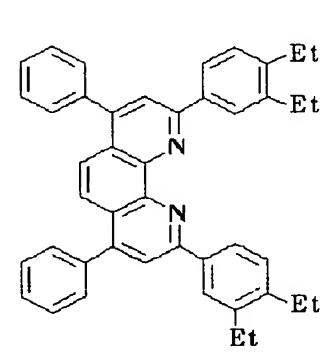
例示化合物 45



例示化合物 46



例示化合物 47



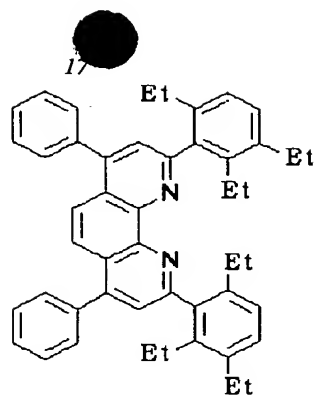
例示化合物 48

【0061】

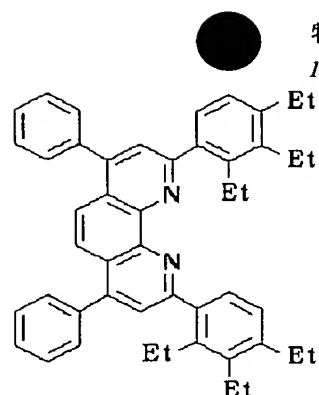
【化11】

(10)

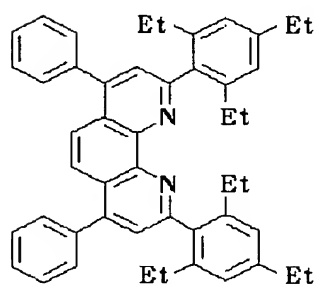
特開2001-135482



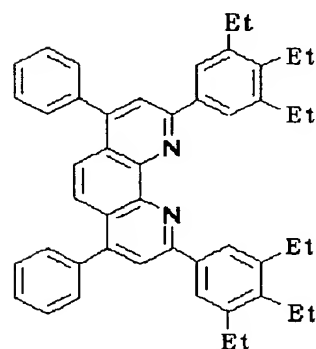
例示化合物49



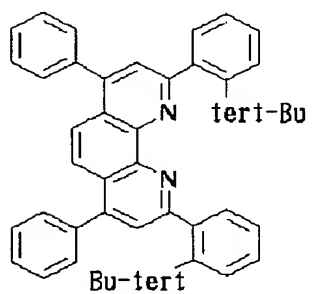
例示化合物50



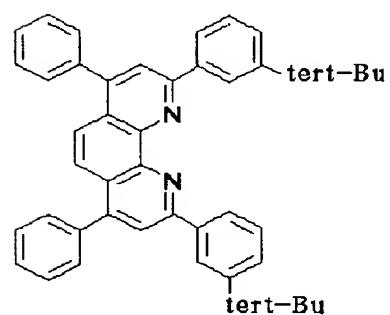
例示化合物51



例示化合物52



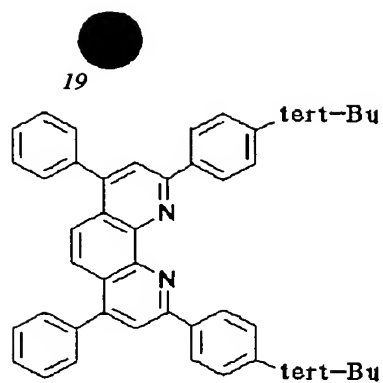
例示化合物53



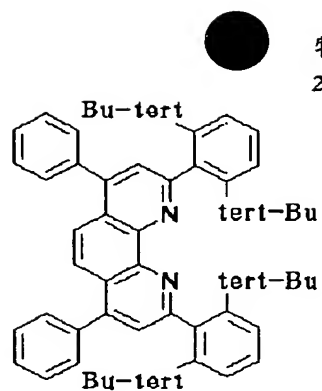
例示化合物54

【0062】

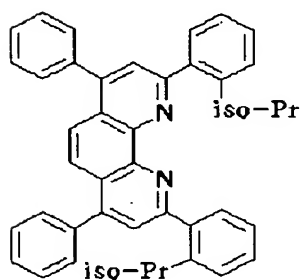
【化12】



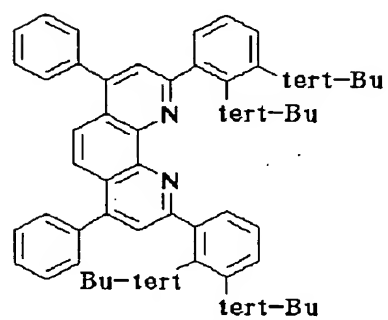
例示化合物55



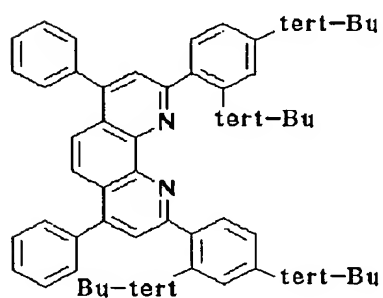
例示化合物56



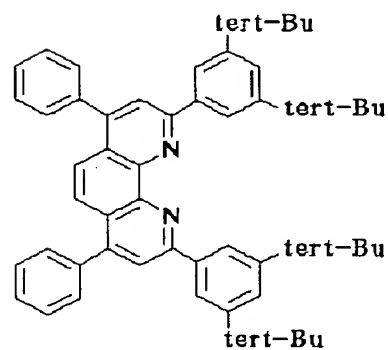
例示化合物57



例示化合物58



例示化合物59



例示化合物60

【0063】

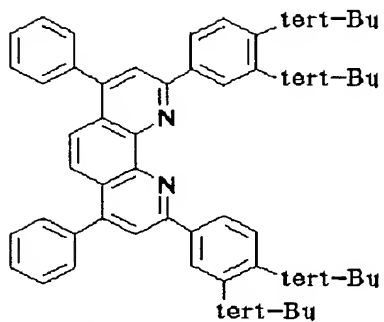
【化13】

(12)

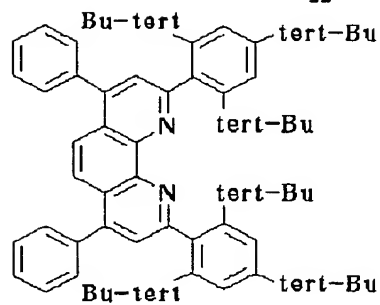
特開 2001-135482

21

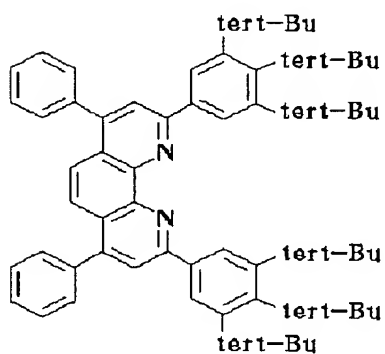
22



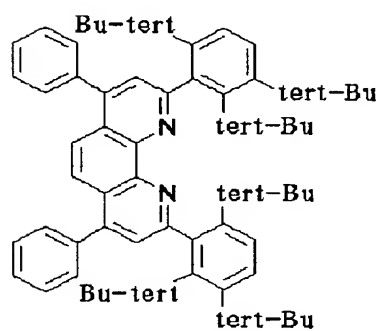
例示化合物 61



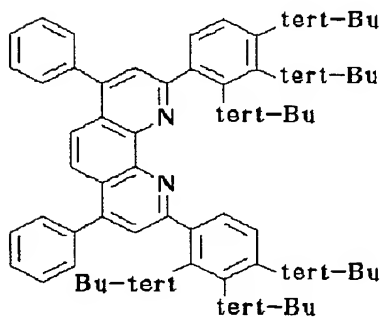
例示化合物 62



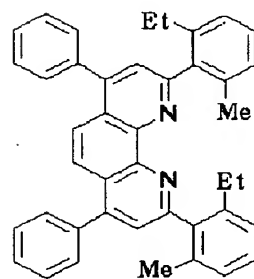
例示化合物 63



例示化合物 64



例示化合物 65



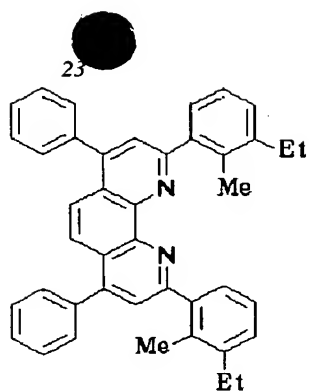
例示化合物 66

【0064】

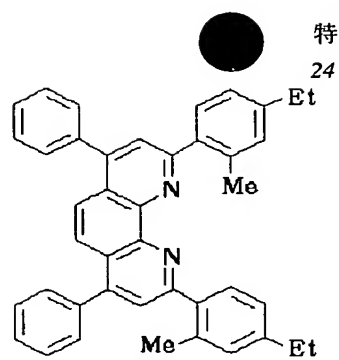
【化14】

(13)

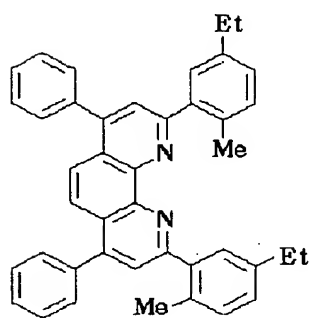
特開 2001-135482



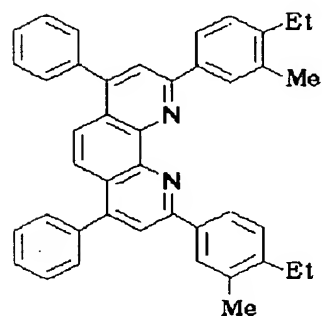
例示化合物 67



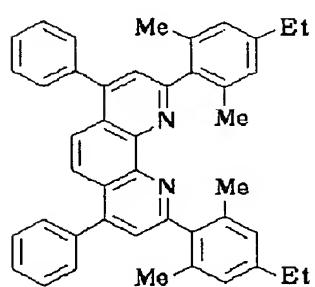
例示化合物 68



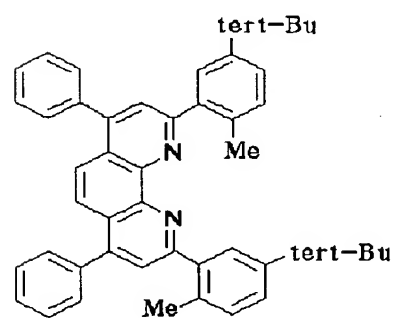
例示化合物 69



例示化合物 70



例示化合物 71



例示化合物 72

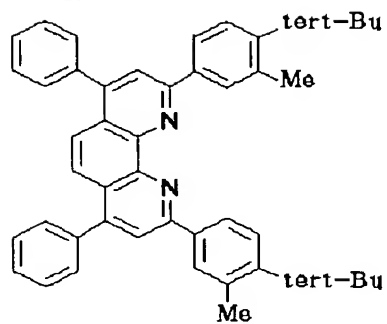
【0065】

【化15】

(14)

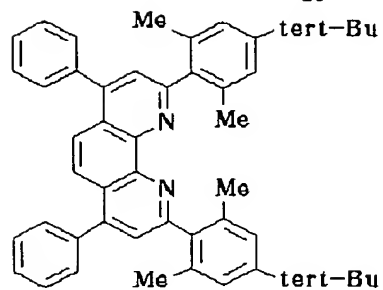
特開 2001-135482

25

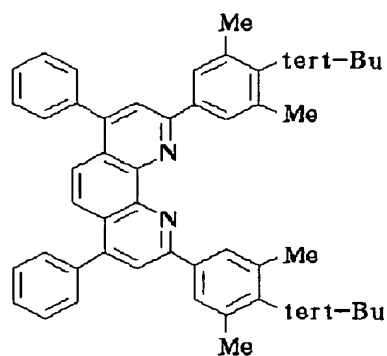


例示化合物73

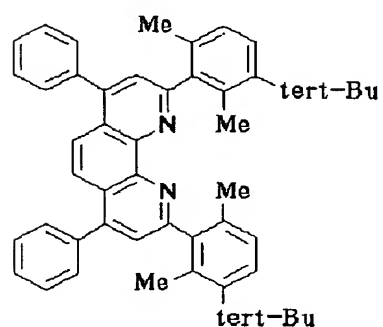
26



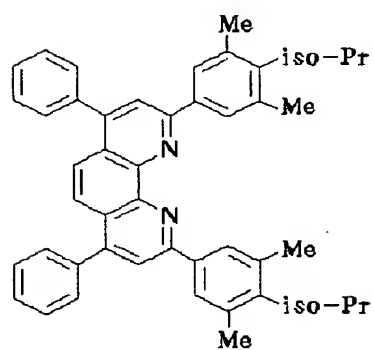
例示化合物74



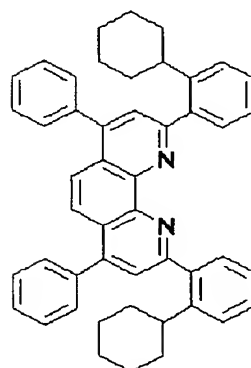
例示化合物75



例示化合物76



例示化合物77



例示化合物78

【0066】

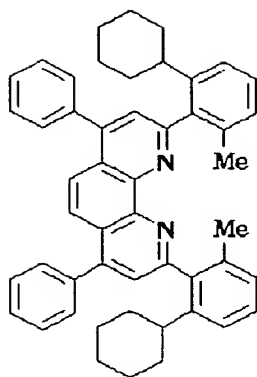
【化16】

(15)

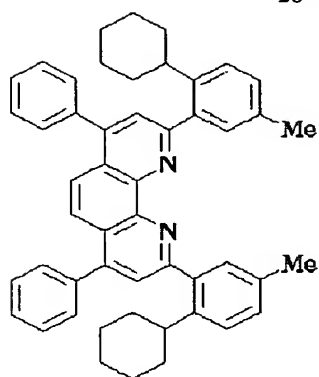
特開 2001-135482

27

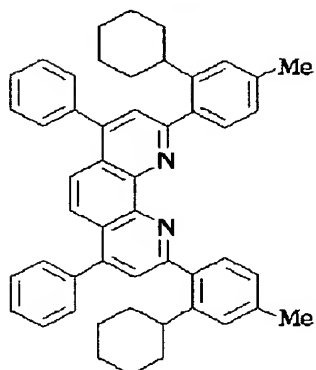
28



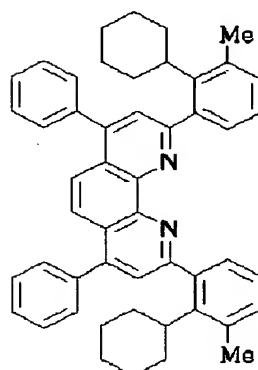
例示化合物79



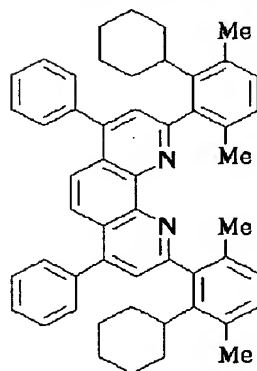
例示化合物80



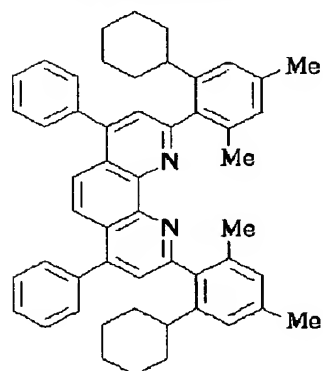
例示化合物81



例示化合物82



例示化合物83



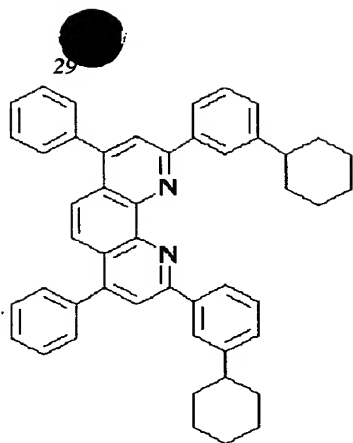
例示化合物84

【0067】

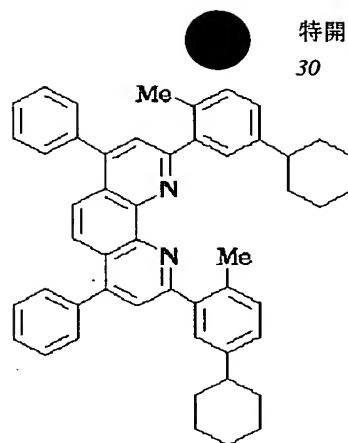
【化17】

(16)

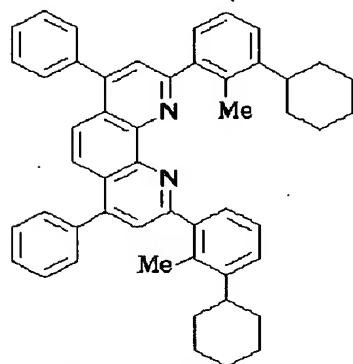
特開 2001-135482



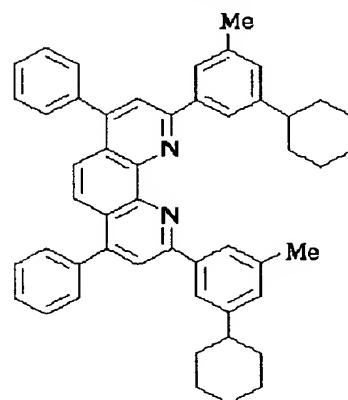
例示化合物 85



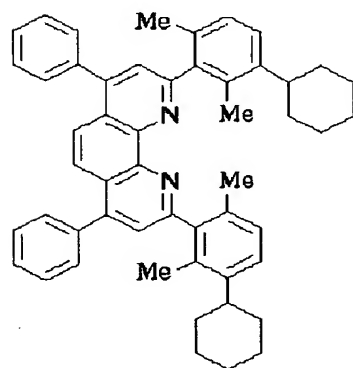
例示化合物 86



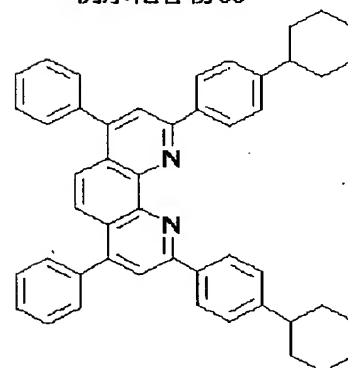
例示化合物 87



例示化合物 88



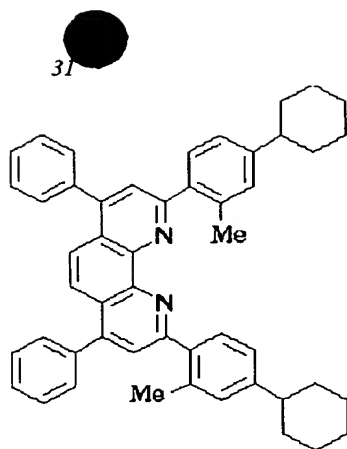
例示化合物 89



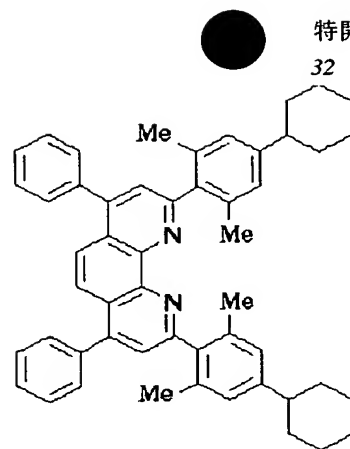
例示化合物 90

【0068】

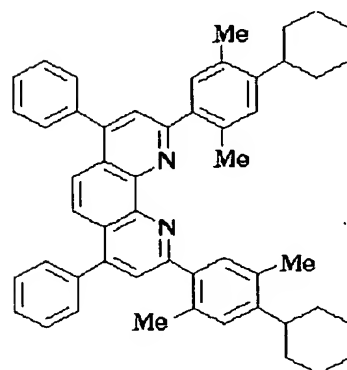
【化18】



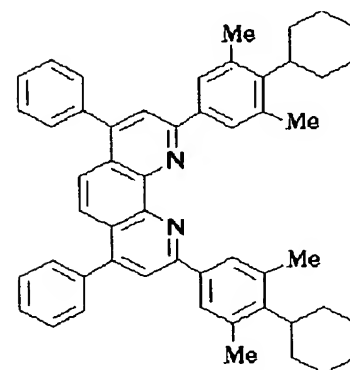
例示化合物 91



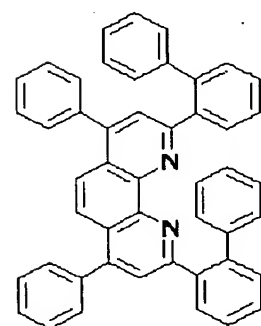
例示化合物 92



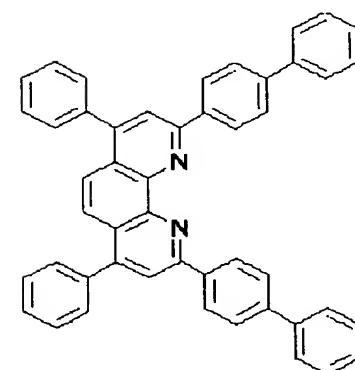
例示化合物 93



例示化合物 94



例示化合物 95

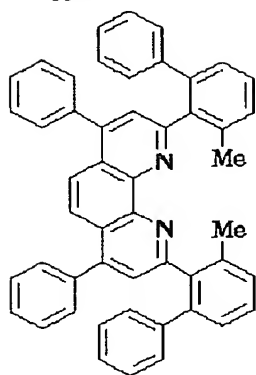


例示化合物 96

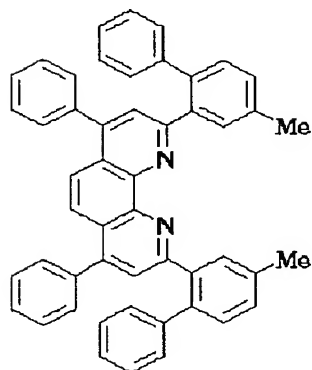
【0069】

【化19】

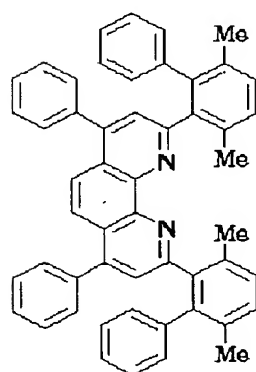
33



例示化合物 97



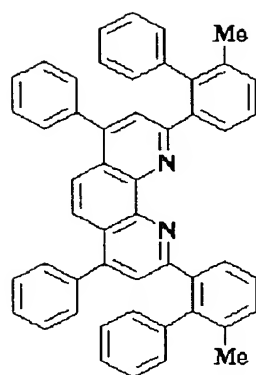
例示化合物 99



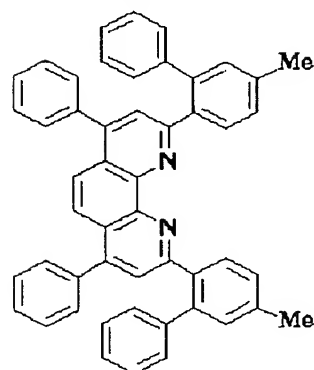
例示化合物 101

【0070】

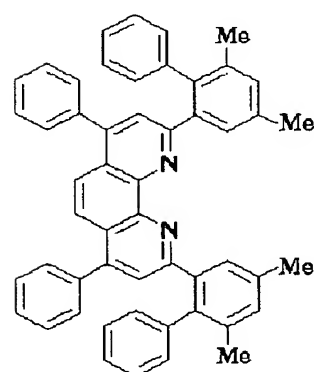
34



例示化合物 98



例示化合物 100

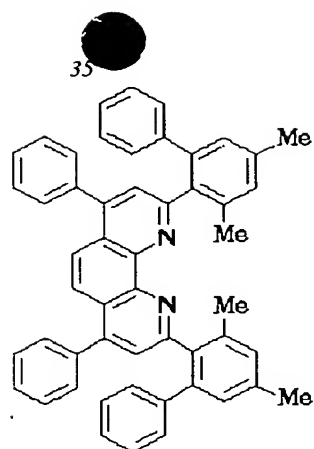


例示化合物 102

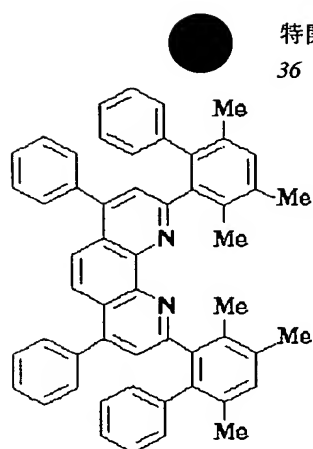
【化20】

(19)

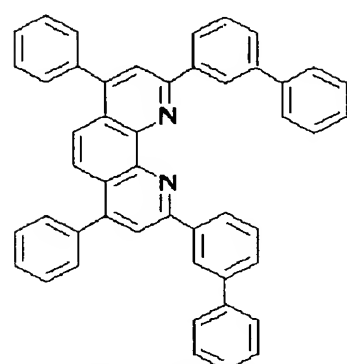
特開 2 0 0 1 - 1 3 5 4 8 2



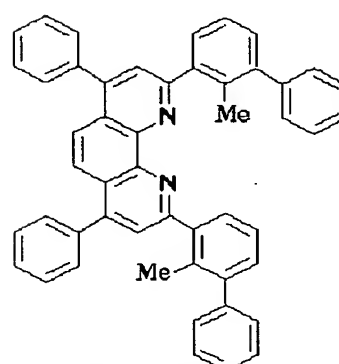
例示化合物103



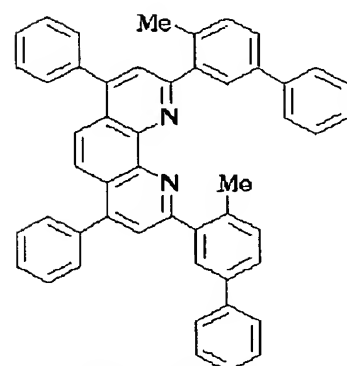
例示化合物104



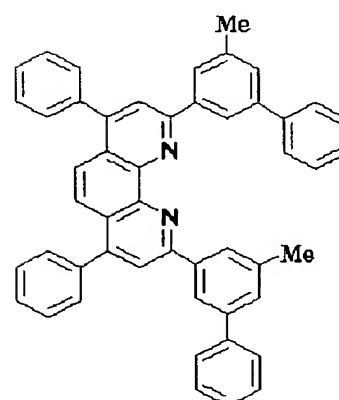
例示化合物105



例示化合物106



例示化合物107

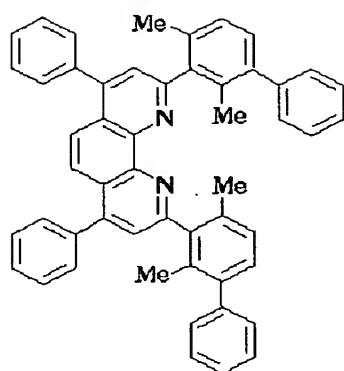


例示化合物108

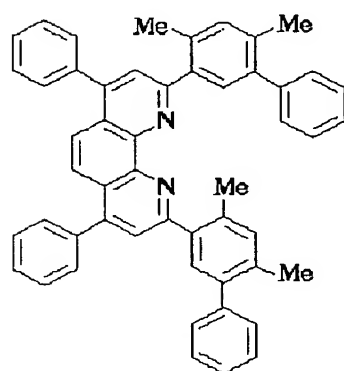
【0 0 7 1】

【化 2 1】

37



例示化合物109



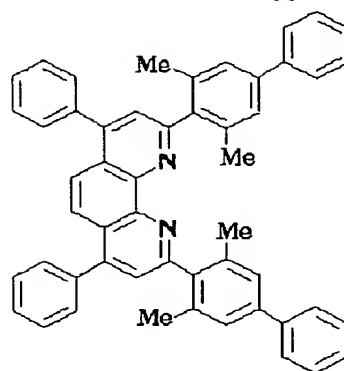
例示化合物111

【0072】

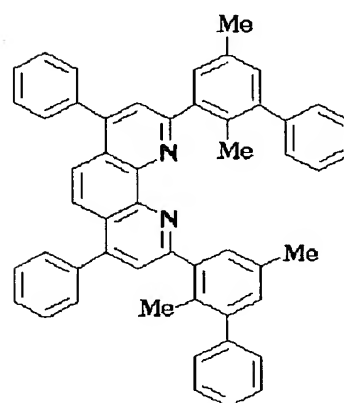
(20)

38

特開2001-135482



例示化合物110

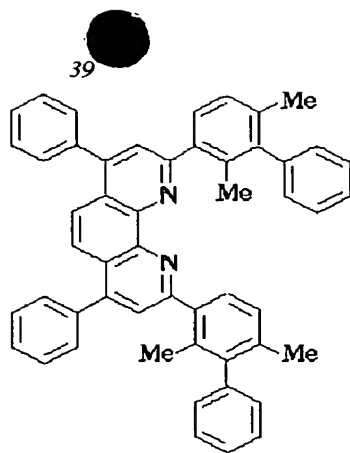


例示化合物112

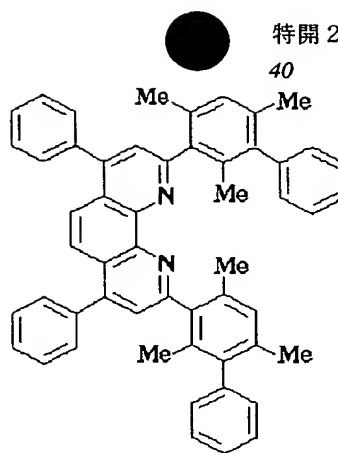
【化22】

(21)

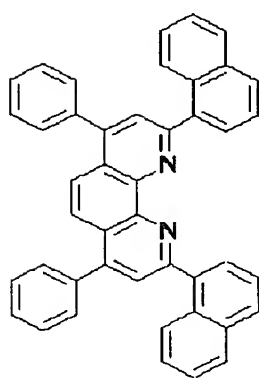
特開 2001-135482



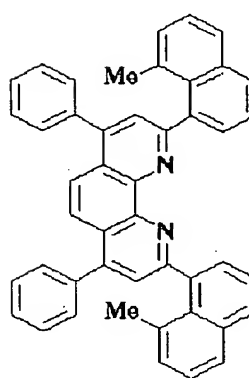
例示化合物113



例示化合物114



例示化合物115



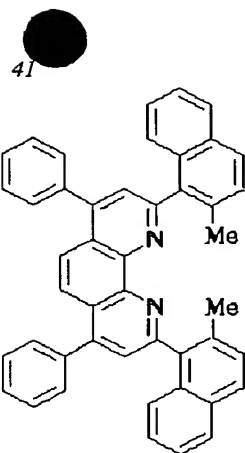
例示化合物116

【0073】

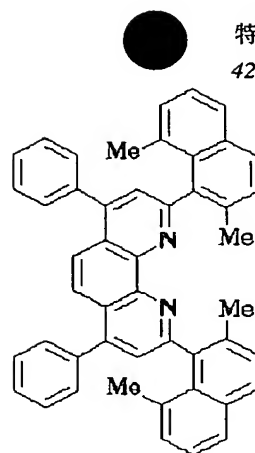
【化23】

(22)

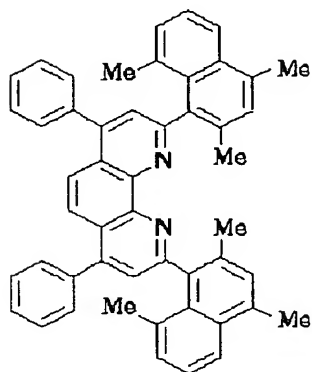
特開 2 0 0 1 - 1 3 5 4 8 2



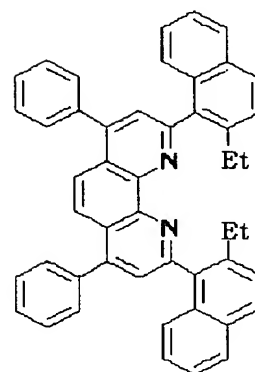
例示化合物 117



例示化合物 118



例示化合物 119

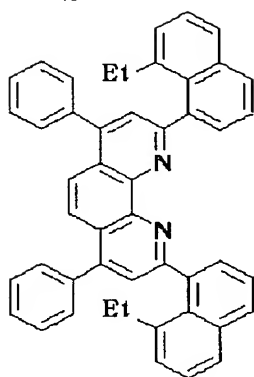


例示化合物 120

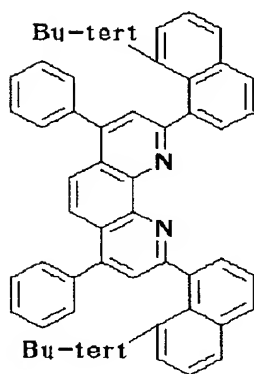
【 0 0 7 4 】

【 化 2 4 】

43



例示化合物121



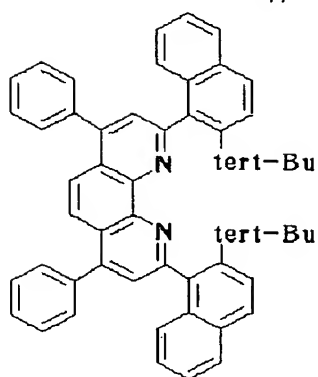
例示化合物123

【0075】

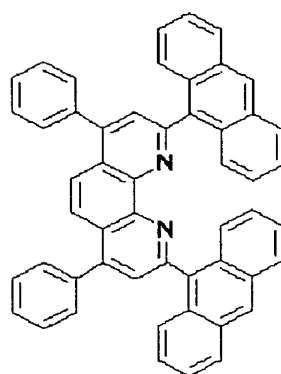
(23)

特開2001-135482

44

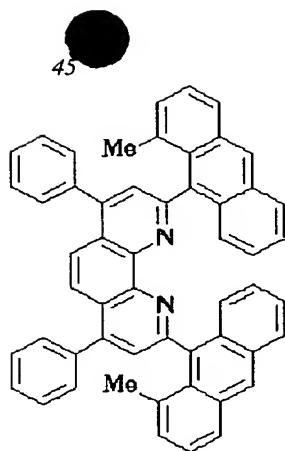


例示化合物122

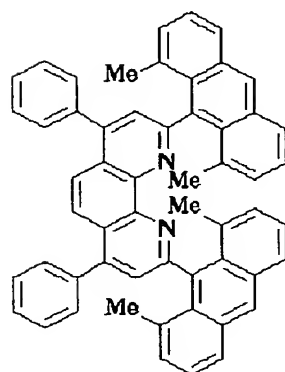


例示化合物124

【化25】



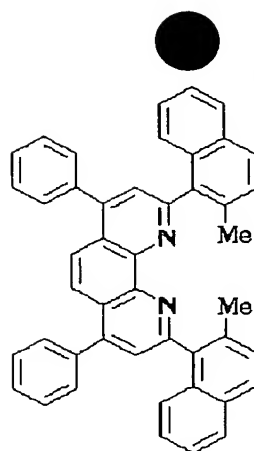
例示化合物125



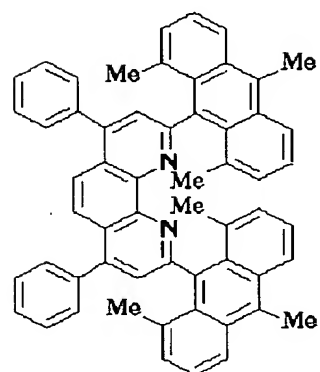
例示化合物127

【0076】

(24)



例示化合物126



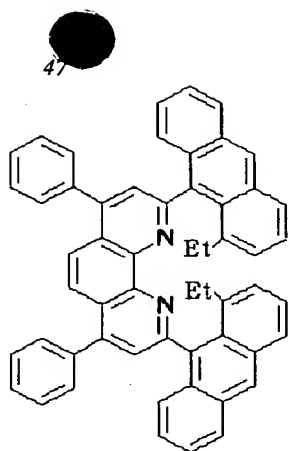
例示化合物128

【化26】

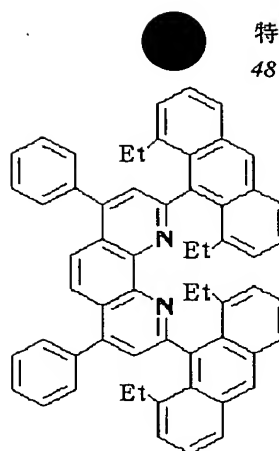
特開2001-135482

(25)

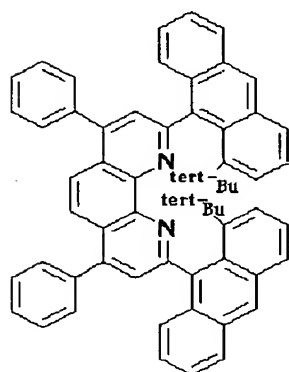
特開2001-135482



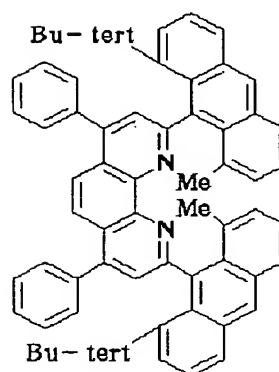
例示化合物129



例示化合物130



例示化合物131

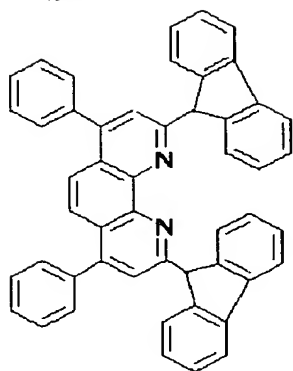


例示化合物132

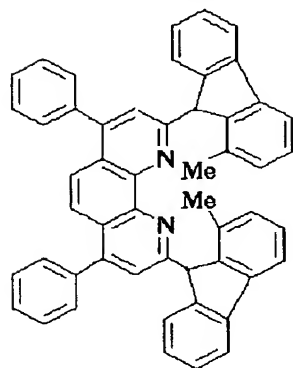
【0077】

【化27】

49



例示化合物133



例示化合物135

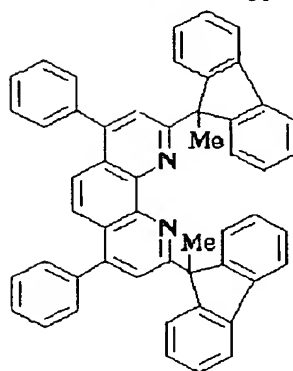
【0078】

(26)

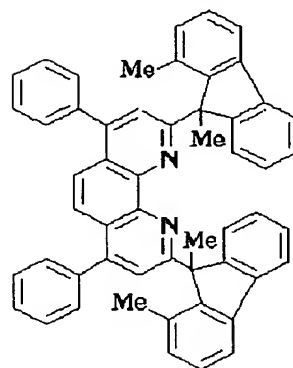
50

特開2001-135482

50



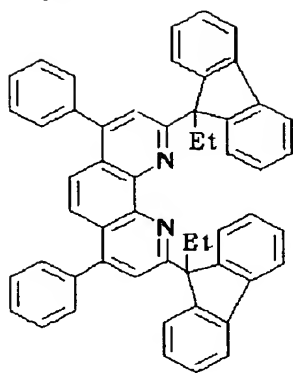
例示化合物134



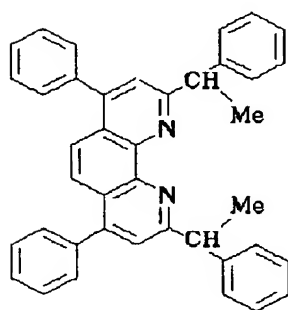
例示化合物136

【化28】

51



例示化合物 137



例示化合物 139

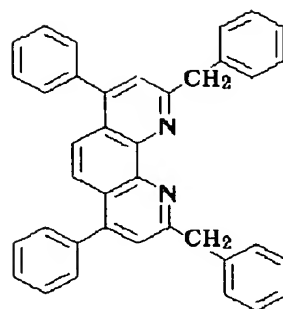
【0079】

(27)

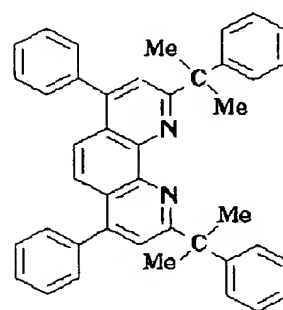
52

特開 2001-135482

52

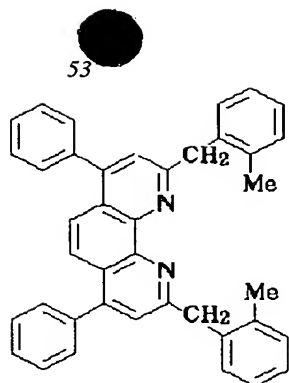


例示化合物 138



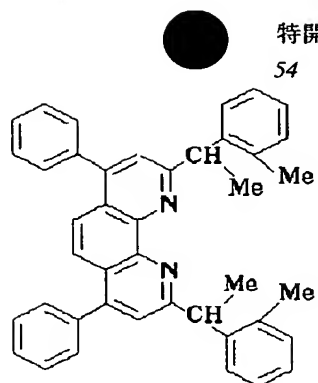
例示化合物 140

【化 29】

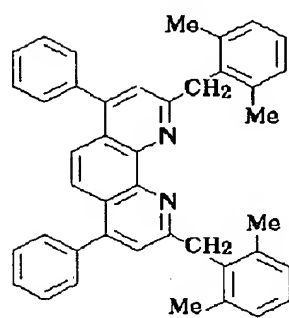


例示化合物141

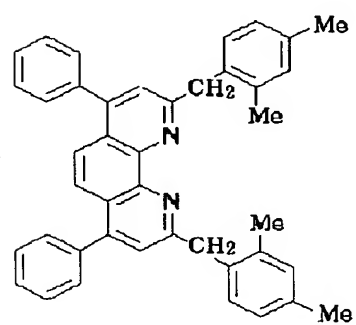
(28)



例示化合物142



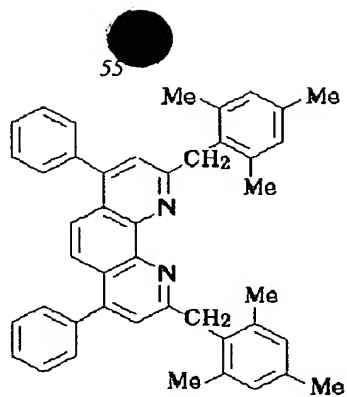
例示化合物143



例示化合物144

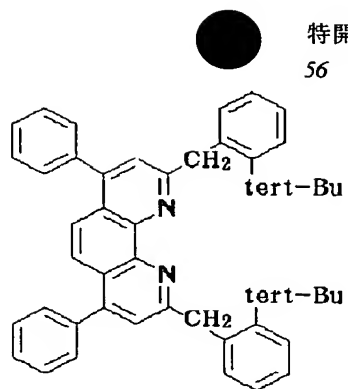
【0080】

【化30】

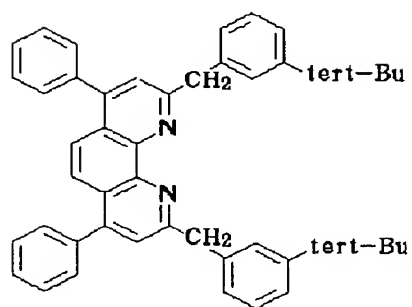


例示化合物145

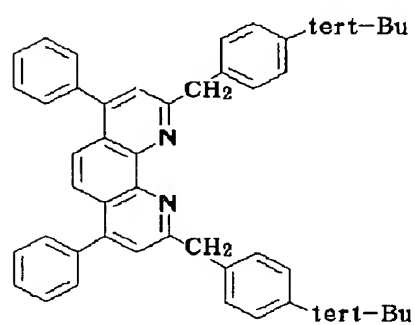
(29)



例示化合物146



例示化合物147



例示化合物148

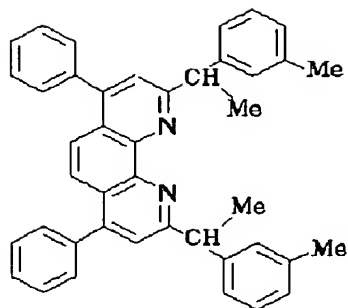
【 0 0 8 1 】

【 化 3 1 】

(30)

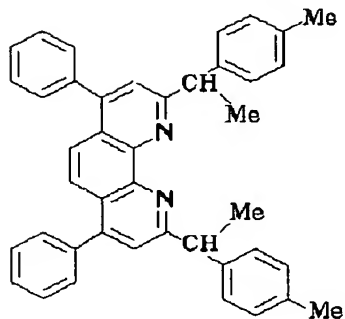
特開2001-135482

57

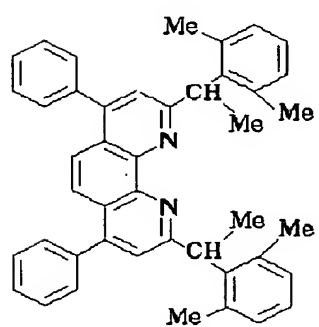


例示化合物149

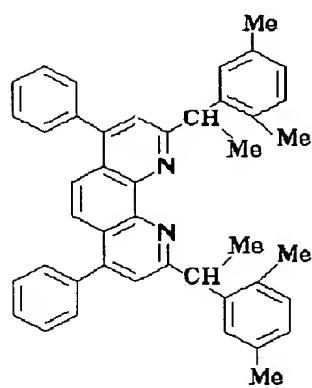
58



例示化合物 150



例示化合物 151

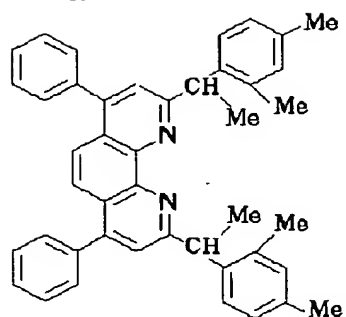


例示化合物 152

【0082】

【化32】

59

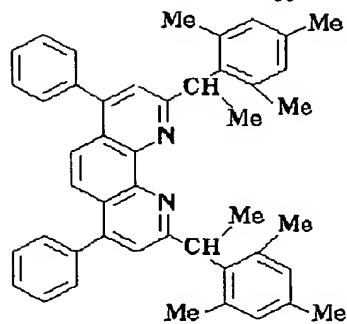


例示化合物 153

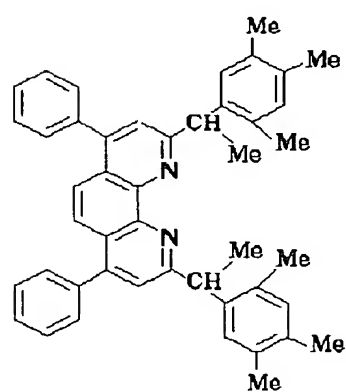
(31)

特開 2001-135482

60

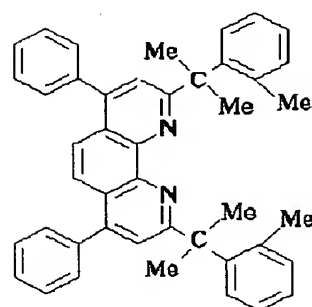


例示化合物 154



例示化合物 155

【0083】

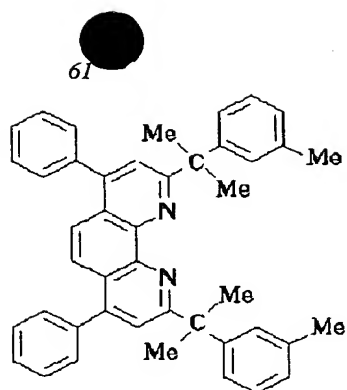


例示化合物 156

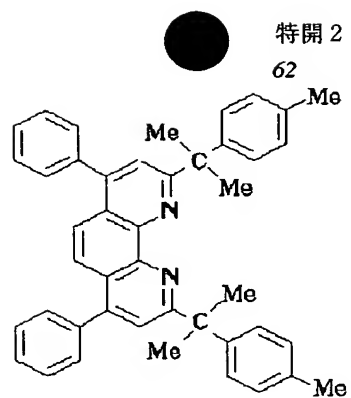
【化 3 3】

(32)

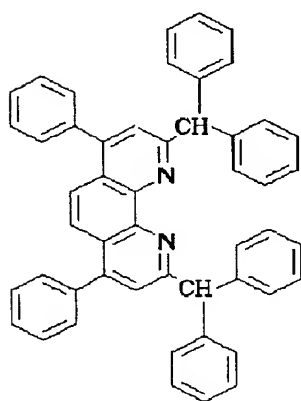
特開 2 0 0 1 - 1 3 5 4 8 2



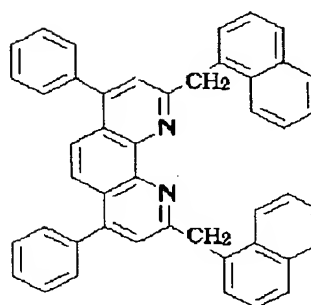
例示化合物 157



例示化合物 158



例示化合物 159



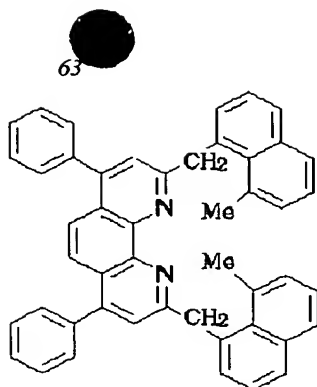
例示化合物 160

【 0 0 8 4 】

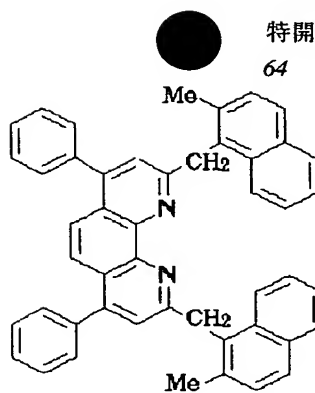
【 化 3 4 】

(33)

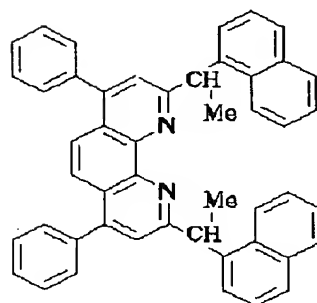
特開 2 0 0 1 - 1 3 5 4 8 2



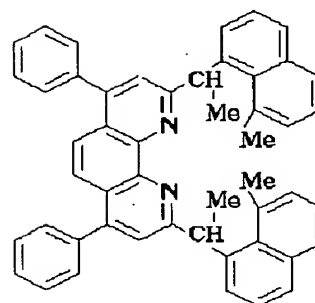
例示化合物 161



例示化合物 162



例示化合物 163



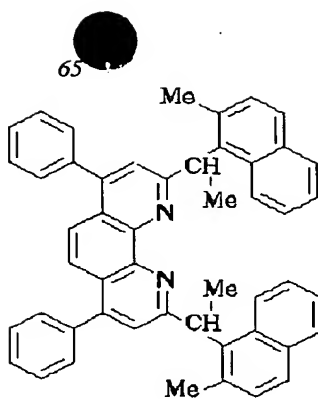
例示化合物 164

【 0 0 8 5 】

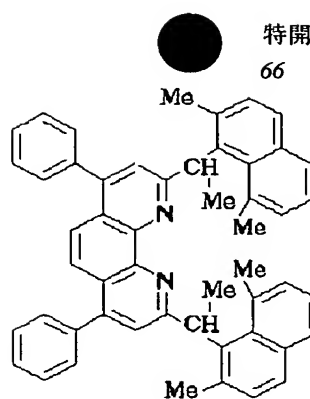
【 化 3 2 】

(34)

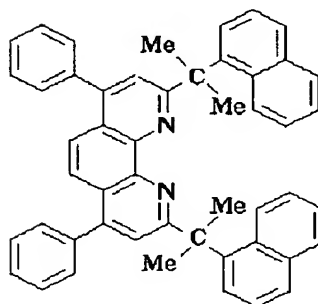
特開 2001-135482



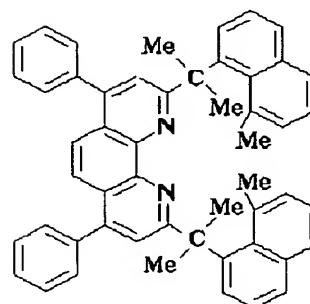
例示化合物 165



例示化合物 166



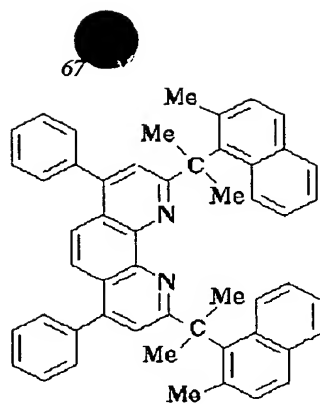
例示化合物 167



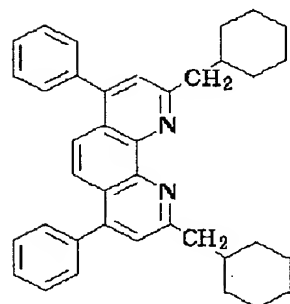
例示化合物 168

【0086】

【化36】



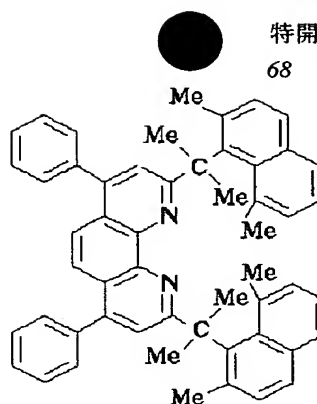
例示化合物169



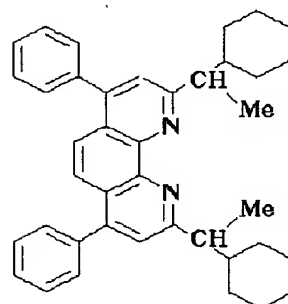
例示化合物171

【0087】

(35)

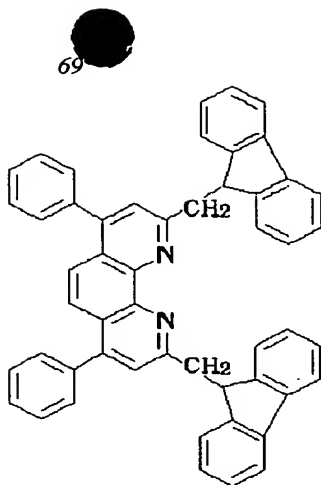


例示化合物170

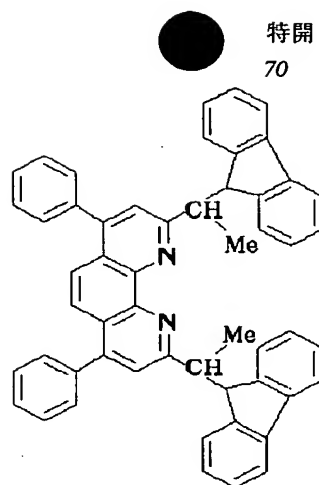


例示化合物172

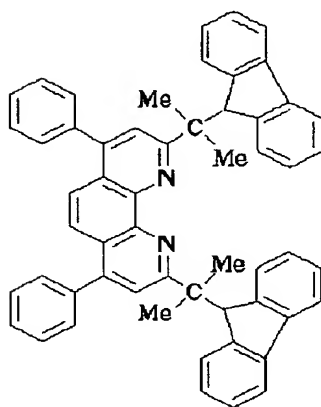
【化37】



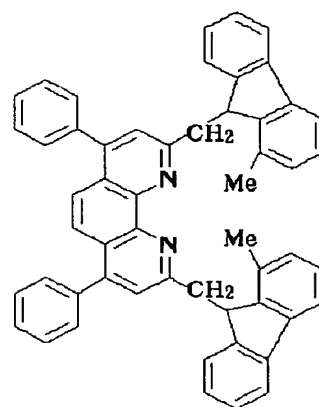
例示化合物 173



例示化合物 174

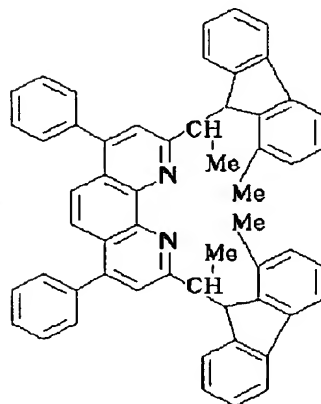


例示化合物 175



例示化合物 176

【0088】



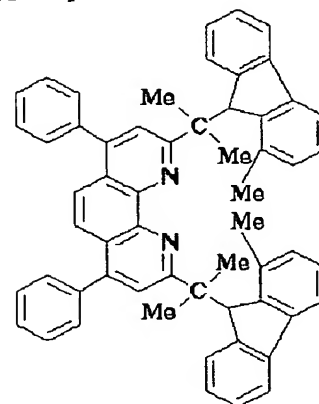
例示化合物 177

【0089】以下、本発明の好ましい実施の形態を説明する。

【0090】＜第1の実施の形態＞図1は、本発明の第1の実施の形態による青色発光性の有機EL素子の要部を示す概略断面図である。

【0091】本実施の形態では、ガラス基板6上にITO (Indium Tin Oxide) やZnをドーパしたインジウム

30 【化38】



例示化合物 178

酸化物等からなる透明電極5をスパッタリング又は真空蒸着等の方法により形成し、その上に順次、ホール輸送層4a、ホール輸送性発光層4b、ホールブロック性のある上記一般式のバソフェナントロリン誘導体含有層33、電子輸送層2、カソード電極1を真空蒸着法により積層し、アモルファス有機薄膜からなる有機電界発光素子(有機EL素子)21を作製したものである。

【0092】この有機EL素子21は、ホール輸送層4が発光層としての性能を兼ね備えた構造として構成され、その基本構造は後述する他の実施の形態でも同様である。

【0093】本実施の形態の有機EL素子21の特徴は、上記のバソフェナントロリン誘導体含有層33がホールブロック層としてホール輸送層4と電子輸送層2との間に挿入されて積層されているので、ホール輸送層4中での電子-ホールの再結合を促進させ、ホール輸送層4での発光が得られ、並びに／或いは、バソフェナントロリン誘導体含有層33からの発光も得られることである。

【0094】図6は、上記した本実施の形態(図1)の積層構造をバンドモデルで模式的に示したものである。

【0095】図6において、A1及びA1-Li(アルミニウム-リチウム)からなるカソード1及びITO透明電極5の層に示した太線(L₁、L₂)は、それぞれの金属の凡その仕事関数であり、これらの両電極間の各層においては上部の太線l₁、l₂、l₃、l₄及び数値はそれぞれの最低非占有分子軌道(LUMO)のレベルを示し、下方の太線l₅、l₆、l₇、l₈及び数値はそれぞれの最高占有分子軌道(HOMO)のレベルを示している。但し、図6中のエネルギーレベル値は一例であって、材質によって種々に変化するものである。

【0096】この有機EL素子においては、図6に示すように、アノードとしての透明電極5から注入されたホールhがホール輸送層4を経て移動し、一方、カソードの金属電極1から注入された電子eが電子輸送層2を経て移動し、この電子-ホールがホール輸送性発光層4において再結合して発光を生じる。

【0097】カソードとしての金属電極1から注入される電子eは、エネルギーレベルの低い方へ移動する性質があるため、金属電極1、電子輸送層2、ホールブロック層33、ホール輸送性発光層4b、ホール輸送層4aの順に各層の最低非占有分子軌道(LUMO)レベルl₁～l₄を経由してホール輸送性発光層4b、4aに到達することができる。

【0098】一方、アノードとしてのITO透明電極5から注入されるホールhは、エネルギーレベルの高い方へ移動する性質があるため、ホール輸送層4a、ホール輸送性発光層4b、ホールブロック層33の順に各層の最高占有分子軌道(HOMO)レベルl₅～l₇を経由して電子輸送層2へ移動することができる。

【0099】しかし、図6に示す如く、ホールブロック層33の最高占有分子軌道(HOMO)レベルl₇よりも電子輸送層2の最高占有分子軌道(HOMO)レベルl₈の方がエネルギー的に低いため、注入されたホールhはホールブロック層33から電子輸送層2へ移動し難くなり、ホールブロック層33に充満するようになる。

【0100】この結果、ホールブロック層33に充満し

たホールhがホール輸送層4での電子-ホールの再結合を促進させ、ホール輸送層4を構成するホール輸送性発光層4a、4bの発光材料を発光させることになる。

【0101】このように、ホールブロック層33を設けることにより、ホール輸送層4において電子-ホールの再結合を効率よく生じるようにホールブロック層33においてホールhの輸送を効果的に制御している。そして、これにより発光するホール輸送性発光層4a、4bのうち、主としてホールブロック層33に隣接するホール輸送性発光層4bによる発光にホール輸送性発光層4aの発光も加わり、特定波長(青色)の光を放出する。

【0102】本来、カソード電極1からの電子の注入とアノード電極5からのホールの注入とにより、電子輸送層2及びホール輸送層4はそれぞれの層において電子-ホールの再結合が生じる。従って、上記の如くホールブロック層33が存在しない場合には、電子輸送層2とホール輸送層4との界面において電子-ホールの再結合が生じ、長波長の発光しか得られない。しかし、本実施例の如くホールブロック層33を設けることにより、発光性物質が含有されているホール輸送層4を発光領域として青色発光を促進させることが可能になる。

【0103】上記のように、ホールブロック層33はホールhの輸送を制御するためのものであり、このためには、ホールブロック層33の最高占有分子軌道(HOMO)が、ホール輸送性発光層4b及び電子輸送層2の最高占有分子軌道(HOMO)レベルのエネルギー的に低い方のレベルの最高占有分子軌道(HOMO)レベル以下にあり、かつ、ホールブロック層33の最低非占有分子軌道(LUMO)が、ホール輸送性発光層4b及び電子輸送層2の最低非占有分子軌道(LUMO)レベルの、エネルギー的に低い方の最低非占有分子軌道(LUMO)レベル以上であり、エネルギー的に高い方の最低非占有分子軌道(LUMO)レベル以下であればよく、上記の構成に限定されるものではない。

【0104】但し、本発明は、上記エネルギー準位が上記範囲に無く、バソフェナントロリン含有層それ自身が発光することを妨げるものではない。また、ホールブロック層が複数層からなる積層構造であってもよい。

【0105】上記のホールブロック層33は、上記のバソフェナントロリン誘導体及び／又はその他の材質で形成できると共に、その厚みもその機能を保持することができる範囲で変化させてよい。その厚みは1Å～1000Å(0.1nm～100nm)とするのがよいが、厚みがあまり薄いと、ホールブロック能が不完全で再結合領域がホール輸送層及び電子輸送層にまたがり易く、またあまり厚いと、膜抵抗の増加から発光しないことがある。

【0106】上記の有機EL素子21は、図7のような真空蒸着装置11を用いて作製される。この装置の内部には、アーム12の下に固定された一対の支持手段13

が設けられ、この双方の固定手段13、13の間には、透明ガラス基板6を下向きにし、マスク22をセットできるステージ機構(図示省略)が設けられている。そして、ガラス基板6及びマスク22の下方には、支軸14aに支持されたシャッター14が配置され、その下方に所定個数の各種蒸着源28を配置する。各蒸着源は、電源29による抵抗加熱方式で加熱される。この加熱には、必要に応じてEB(電子線)加熱方式等も使用される。

【0107】上記の装置において、マスク22は画素用であり、シャッター14は蒸着材料用である。そして、シャッター14は支軸14aを中心に回転し、蒸着材料の昇華温度に合わせて、材料の蒸気流を遮断するためのものである。

【0108】図8は、上記の真空蒸着装置により作製した有機EL素子21の具体例を示す平面図である。即ち、サイズLが30mm×30mmのガラス基板6上に、サイズが2mm×2mmのITO透明電極5を上記した真空蒸着装置により約100nmの厚さで蒸着後に、全面にSiO₂30を蒸着し、これを所定の画素パターンにエッチングして多数の開口31を形成し、ここに透明電極5をそれぞれ露出させる。従って、SiO₂によって2mm×2mmの発光領域(画素)PXに対し蒸着マスク22を用いて各有機層4、33、2及び金属電極1を順次形成する。

【0109】この真空蒸着装置11においては、上記した図8のような多数の画素を有するもの以外に、サイズの大きい画素を単独に形成することもできる。

【0110】上記のように、発光領域中で電子-ホール再結合の効率を改善するための有機層33を積層することによって、安定した、高輝度で低電圧駆動の、ホール輸送性発光層4を有する有機EL素子を形成することができる。特に、詳しくは後述するように、青色発光に関しては直流駆動で10000cd/m²以上、1/100デューティ比でのパルス駆動でも、直流換算でピーク輝度55000cd/m²以上の輝度を得ることが可能となる。

【0111】上記電界発光素子の透明電極、有機ホール輸送層、有機ホールブロック層、有機電子輸送層及び金属電極は、それぞれが複数層からなる積層構造であってもよい。

【0112】また、上記電界発光素子における各有機層は、真空蒸着以外にも、昇華又は気化を伴う他の成膜方法、或いはスピンコートやキャスト等の方法で形成してもよい。

【0113】また、上記した電界発光素子のホール輸送性発光層は、この素子の発光スペクトルの制御のために微量分子の共蒸着を行ってもよく、例えば、ベリレン誘導体、クマリン誘導体等の有機物質を微量含む有機薄膜であってもよい。

【0114】また、ホール輸送材料として使用可能な材料としては、ベンジジン又はその誘導体、スチリルアミン又はその誘導体、トリフェニルメタン又はその誘導体をはじめ、ポルフィリン又はその誘導体、トリアゾール又はその誘導体、イミダゾール又はその誘導体、オキサジアゾール又はその誘導体、ポリアリールアルカン又はその誘導体、フェニレンジアミン又はその誘導体、アリールアミン又はその誘導体、オキサゾール又はその誘導体、アントラセン又はその誘導体、フルオレノン又はその誘導体、ヒドラゾン又はその誘導体、スチルベン又はその誘導体、またはポリシラン系化合物、ビニルカルバゾール系化合物、チオフェン系化合物、アニリン系化合物等の複素環式共役系のモノマー、オリゴマー、ポリマー等が挙げられる。

【0115】具体的には、 α -ナフチルフェニルジアミン、ポルフィリン、金属テトラフェニルポルフィリン、金属ナフタロシアニン、4, 4', 4"-トリメチルトリフェニルアミン、4, 4', 4"-トリス(3-メチルフェニルフェニルアミノ)トリフェニルアミン、N, N, N', N'-テトラキス(p-トリル)p-フェニレンジアミン、N, N, N', N'-テトラフェニル-4, 4'-ジアミノビフェニル、N-フェニルカルバゾール、4-ジ-*p*-トリルアミノスチルベン、ポリ(パラフェニレンビニレン)、ポリ(チオフェンビニレン)、ポリ(2, 2'-チエニルピロール)等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0116】また、電子輸送性材料として使用可能な材料としては、キノリン又はその誘導体、ベリレン又はその誘導体、ビススチリル又はその誘導体、ピラジン又はその誘導体等が挙げられる。

【0117】具体的には、8-ヒドロキシキノリンアルミニウム、アントラセン、ナフタリン、フェナントレン、ピレン、クリセン、ベリレン、プタジエン、クマリン、アクリジン、スチルベン、又はこれらの誘導体等が挙げられる。

【0118】また、上記電界発光素子のアノード電極、カソード電極等の使用材料にも制限はない。

【0119】カソード電極材料については、効率良く電子を注入するために、電極材料の真空準位からの仕事関数の小さい金属を用いるのが好ましく、アルミニウム-リチウム合金以外にも、例えば、アルミニウム、インジウム、マグネシウム、銀、カルシウム、バリウム、リチウム等の低仕事関数金属を単体で、または他の金属との合金として安定性を高めて使用してもよい。

【0120】また、アノード電極側から有機電界発光を取り出すため、後述する実施例はアノード電極には透明電極であるITOを用いたが、効率良くホールを注入するために、アノード電極材料の真空準位からの仕事関数が高いもの、例えば金、二酸化スズ-アンチモン混合物、酸化亜鉛-アルミニウム混合物の電極を用いてもよ

い。

【0121】また、基板2としては、ガラス基板に限らず、不透明な材質、例えばシリコン基板、Cr基板等を用いてもよいし、ガラス上に金属を蒸着等の手法によって形成した基板を用いてもよい。基板に不透明な材質を用いた場合には、発光を外部に取り出すために、有機ELデバイスの上面（カソード電極側）が透明若しくは半透明な材質で形成されていることが好ましく、これらの材料には例えばITO等を使用することができる。

【0122】また、モノカラー用の有機電界発光素子は勿論、発光材料を選択することによって、R、G、Bの三色を発光するフルカラー用、又はマルチカラー用の有機電界発光素子を作製することができる。その他、本発明はディスプレイ用としてだけでなく、光源用としても使用可能な有機電界発光素子に適用できると共に、他の光学的用途にも適用することができる。

【0123】なお、上記した有機電界発光素子は、安定性を高めるためにゲルマニウム酸化物等で封止を行って大気中の酸素等の影響を排してもよく、また真空中に引いた状態で素子を駆動してもよい。

【0124】＜第2の実施の形態＞図9は、本発明の第2の実施の形態による有機EL素子の要部を示す概略断面図である。

【0125】本実施の形態による有機EL素子22では、図1の素子と比べて、ITO透明電極5上に、ホール輸送性発光層4bを形成し、ホール輸送性発光層を単層に形成していることが異なっている。

【0126】＜第3の実施の形態＞図10は、本発明の第3の実施の形態による有機電界発光素子の要部を示す概略断面図である。

【0127】本実施の形態による有機EL素子23では、図1の素子と比べて、ITO透明電極5上に、ホール輸送層（ホール輸送性発光層を兼ねる）4aを形成し、上記した第2の実施の形態と同様にホール輸送性発光層を単層に形成している。

【0128】

【実施例】以下、本発明を実施例について更に詳細に説明する。

【0129】実施例1

本実施例による有機EL素子21の具体的な構成をその製造方法に基づいて説明する。

【0130】まず、30mm×30mmのガラス基板6に例えば膜厚約100nmのITO透明電極5を設け、この上に、SiO₂蒸着により2mm×2mmの発光領域以外をマスクした有機電界発光素子作製用のセルを作製した。

【0131】そして、上記のITO透明電極5上に、ホール輸送層4aとしてm-MTDATA（4，4'，4''-tris（3-methylphenylphenylamino）triphenylamine：図11の構造式のもの）を蒸着速度0.2～0.

4nm/secで真空蒸着法により真空中で30nmの厚みに蒸着した。

【0132】次に、このホール輸送層4a上に、ホール輸送性発光層4bとして、 α -NPD（ α -naphthylphenyldiamine：図12の構造式のもの）を53nmの厚みに真空蒸着（蒸着速度0.2～0.4nm/sec）して、発光性を有した2層構造のホール輸送層4を形成した。

【0133】次に、このホール輸送層4上に、図2に示す一般式で表されるバソフェナントロリン誘導体、例えばo-メチルフェニルバソフェナントロリン（2，9-dimethyl-4，7-diphenyl-1，10-phenanthrolineの2-及び9-位にメチルフェニル基の付いたフェナントロリン誘導体：図4の構造式2（例示化合物29）で示されるもの）をホールブロック層33として、15nmの厚み（蒸着速度0.2～0.4nm/sec）に真空蒸着した。

【0134】そして、このホールブロック層33の上に、電子輸送層2としてAlq₃（8-hydroxy quinoline aluminum：図13の構造式のもの）を20nmの厚みに蒸着し、カソード電極1としてAl-Li（アルミニウム-リチウム合金：Li濃度約1mol%）を約0.5nmの厚みに、更にAlを200nmの厚みに真空蒸着して、図1に示す青色発光性の有機EL素子21を作製した。

【0135】こうして作製された本実施例による有機EL素子の特性を測定したところ、最大発光波長（吸収ピーク）は約450nmであり、また、CIE色度座標上での座標は（0.15，0.16）であり、良好な青色発光を呈した。

【0136】発光スペクトルの形状から、 α -NPDからなるホール輸送性発光層4b（図1参照）からの発光であることは明らかであった。

【0137】実施例2

本発明の第2の実施例による有機EL素子とその製造方法に基づいて説明する。

【0138】本実施例による有機EL素子23では、30mm×30mmのガラス基板6に例えば膜厚約100nmのITO透明電極5を設け、この上に、SiO₂の真空蒸着により2mm×2mmの発光領域以外をマスクした有機EL素子作製用のセルを作製した。

【0139】そして、その上に、ホール輸送性発光層4aとしてm-MTDATA（4，4'，4''-tris（3-methylphenylphenylamino）triphenylamine：図11の構造式のもの）を真空蒸着法により、真空中で50nmの厚みに蒸着（蒸着速度0.2～0.4nm/sec）し、ホール輸送性発光層を単層に形成した。

【0140】そして、その上に、図3に示したフェニルバソフェナントロリン（2，9-dimethyl-4，7-diphenyl-1，10-phenanthrolineの2-及び9-位にフェニル基の付いたフェナントロリン誘導体）をホール

ブロック層 33 として例えば 20 nm の厚み（蒸着速度 0.2~0.4 nm/sec）に真空蒸着した。

【0141】そして、その上に、電子輸送層 2 として Alq₃（8-hydroxy quinoline aluminum：図 13 の構造式のものを）を 30 nm の厚みに蒸着し、カソード電極 1 として Al-Li（アルミニウム-リチウム合金）を約 200 nm の厚みに真空蒸着（Li 濃度約 1 mol %）して、図 10 に示す有機 EL 素子 23 を作製した。

【0142】こうして作製した本実施例による有機 EL 素子の特性を測定したところ、最大発光波長（吸収ピーク）は 500 nm であり、また CIE 色度座標上での座標は (0.22, 0.35) であり、良好な青緑色発光を呈した。

【0143】そして、電流密度 100 mA/cm² での輝度は 2200 cd/m² であった。

【0144】実施例 3

本発明の第 3 の実施例による有機 EL 素子をその製造方法に基づいて説明する。

【0145】本実施例による有機 EL 素子 23 では、30 mm×30 mm のガラス基板 6 に例えば膜厚約 100 nm の ITO 透明電極 5 を設け、この上に、SiO₂ の真空蒸着により 2 mm×2 mm の発光領域以外をマスクした有機 EL 素子作製用のセルを作製した。

【0146】そして、その上に、ホール輸送性発光層 4a として m-MTDATA（4, 4', 4''-tris（3-methylphenylphenylamino）triphenylamine：図 11 の構造式のものを）を真空蒸着法により、真空下で 50 nm の厚みに蒸着（蒸着速度 0.2~0.4 nm/sec）し、ホール輸送性発光層を単層に形成した。

【0147】そして、その上に、図 4 の構造式 2（例示化合物 29）で示されるメチルフェニルバソフェナントロリン（2, 9-dimethyl-4, 7-diphenyl-1, 10-phenanthroline の 2-及び 9-位に o（オルト）-メチルフェニル基の付いたフェナントロリン誘導体）をホールブロック層 33 として例えば 20 nm の厚み（蒸着速度 0.2~0.4 nm/sec）に真空蒸着した。

【0148】そして、その上に、電子輸送層 2 として Alq₃（8-hydroxy quinoline aluminum：図 13 の構造式のものを）を 30 nm の厚みに蒸着し、カソード電極 1 として Al-Li（アルミニウム-リチウム合金）を約 200 nm の厚みに真空蒸着（Li 濃度約 1 mol %）して、図 10 に示す有機 EL 素子 23 を作製した。

【0149】こうして作製した本実施例による有機 EL 素子の特性を測定したところ、最大発光波長（吸収ピーク）は 450 nm であり、また CIE 色度座標上での座標は (0.17, 0.15) であり、良好な青色発光を呈した。

【0150】そして、電流密度 100 mA/cm² での輝度は 1100 cd/m² であった。

【0151】実施例 4

本発明の第 4 の実施例による有機 EL 素子をその製造方

法に基づいて説明する。

【0152】本実施例による有機 EL 素子 23 では、30 mm×30 mm のガラス基板 6 に例えば膜厚約 100 nm の ITO 透明電極 5 を設け、この上に、SiO₂ の真空蒸着により 2 mm×2 mm の発光領域以外をマスクした有機 EL 素子作製用のセルを作製した。

【0153】そして、その上に、ホール輸送性発光層 4a として m-MTDATA（4, 4', 4''-tris（3-methylphenylphenylamino）triphenylamine：図 11 の構造式のものを）を真空蒸着法により、真空下で 50 nm の厚みに蒸着（蒸着速度 0.2~0.4 nm/sec）し、ホール輸送性発光層を単層に形成した。

【0154】そして、その上に、図 5 の構造式 3（例示化合物 32）で示されるジメチルフェニルバソフェナントロリン（2, 9-dimethyl-4, 7-diphenyl-1, 10-phenanthroline の 2-及び 9-位に o（オルト）-ジメチルフェニル基の付いたフェナントロリン誘導体）をホールブロック層 33 として例えば 20 nm の厚み（蒸着速度 0.2~0.4 nm/sec）に真空蒸着した。

【0155】そして、その上に、電子輸送層 2 として Alq₃（8-hydroxy quinoline aluminum：図 13 の構造式のものを）を 30 nm の厚みに蒸着し、カソード電極 1 として Al-Li（アルミニウム-リチウム合金）を約 200 nm の厚みに真空蒸着（Li 濃度約 1 mol %）して、図 10 に示す有機 EL 素子 23 を作製した。

【0156】こうして作製した本実施例による有機 EL 素子の特性を測定したところ、最大発光波長（吸収ピーク）は 440 nm であり、また CIE 色度座標上での座標は (0.16, 0.15) であり、良好な青色発光を呈した。

【0157】そして、電流密度 100 mA/cm² での輝度は 1030 cd/m² であった。

【0158】上記したことから明らかなように、本発明に基づく各実施例 1~4 の有機 EL 素子は、バソフェナントロリン誘導体を含むホールブロック層 33 をホール輸送性発光材料 4a 及び／又は 4b と電子輸送層 2 との間に設けることにより、ホール輸送層での電子-ホールの再結合が十分となって発光層を兼ねることができ、効率の高い安定した発光を得ることができる。

【0159】また、青色発光だけでなく、青緑色発光や、更にはドーピングによる赤色発光、ドーピングによる色度の調節も可能であった。

【0160】上記した各実施例により、既存の材料を用いても、優れた色度を持つ青色発光を高輝度で得られる有機 EL 素子を作製することが可能であることが示され、材料開発における可能性と時間短縮を実現でき、また、新たな発光材料系及び電子輸送材料の設計指針を示すことができるものと考えられる。

【0161】

【発明の作用効果】本発明は、上述した如く、主たる発

光領域に接する部分に上記一般式のバソフェナントロリン誘導体が含まれている（特に、バソフェナントロリン誘導体を含有するホールブロック層をホール輸送性発光材料と電子輸送層の間に挿入する）ので、従来、非発光性の優れた電子輸送材料が存在しないことで困難な構造であると考えられてきた、正孔輸送層が発光層である有機電界発光素子でも、高輝度、高効率の安定した発光を得ることができる。特に、青色発光に関しては顕著であり、DC駆動で 10000 cd/m^2 以上、 $1/100$ デューティ比でのパルス駆動でも直流換算でピーク輝度 55000 cd/m^2 以上を得ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態による有機 EL 素子の要部の概略断面図である。

【図 2】同、ホールブロック層に使用可能なバソフェナントロリン誘導体の一般式を示す図である。

【図 3】同、バソフェナントロリン誘導体の構造式 1 を示す図である。

【図 4】同、バソフェナントロリン誘導体の構造式 2 を示す図である。

【図 5】同、バソフェナントロリン誘導体の構造式 3 を示す図である。

【図 6】同、実施の形態による有機 EL 素子の積層構造を模式的に示すバンドモデル図である。

【図 7】同、実施の形態に使用する真空蒸着装置の概略

断面図である。

【図 8】同、実施の形態に使用する有機 EL 素子の平面図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態による有機 EL 素子の要部の概略断面図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態による有機 EL 素子の要部の概略断面図である。

【図 11】同、実施の形態に使用する m-MTDATA（ホール輸送性発光材料）の構造式を示す図である。

【図 12】同、実施の形態に使用する α -NPD（ホール輸送性発光材料）の構造式を示す図である。

【図 13】同、実施の形態に使用する Alq₃（電子輸送材料）の構造式を示す図である。

【図 14】従来の有機 EL 素子の一例を示す概略断面図である。

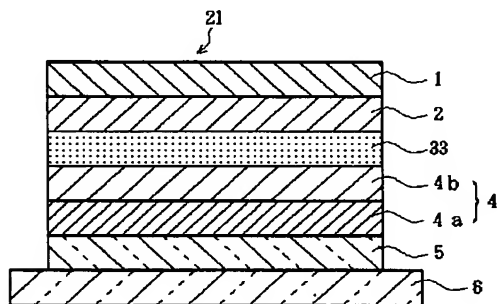
【図 15】同、他の有機 EL 素子の一例を示す概略断面図である。

【図 16】同、有機 EL 素子の具体例を示す概略斜視図である。

【符号の説明】

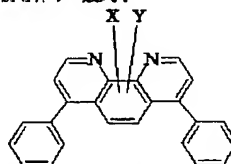
1…金属電極（カソード）、2…電子輸送層、4…ホール輸送層、4a、4b…ホール輸送性発光層、5…ITO 透明電極（アノード）、6…ガラス基板、10、21、22、23…有機 EL 素子、33…ホールブロック層、e…電子、h…ホール

【図 1】



【図 2】

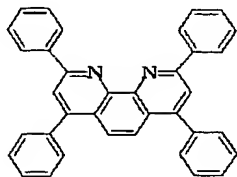
バソフェナントロリン誘導体の一般式：



【この一般式中、X及びYは互いに同一の若しくは異なる基であって、水素原子（但し、2-及び9-位が水素原子である場合は除く。）、置換若しくは非置換のアルキル基（但し、2-及び9-位がメチル基である場合は除く。）、置換若しくは非置換のシクロアルキル基、置換若しくは非置換のアリール基、置換若しくは非置換のアミノ基、ハロゲン原子、ニトロ基、シアノ基又は水酸基を表し、これらの基を任意の位置に少なくとも1つ含む。】

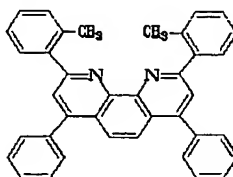
【図 3】

構造式 1（例示化合物 28）：



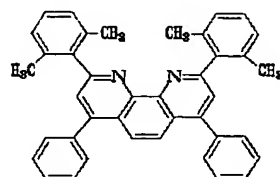
【図 4】

構造式 2（例示化合物 29）：

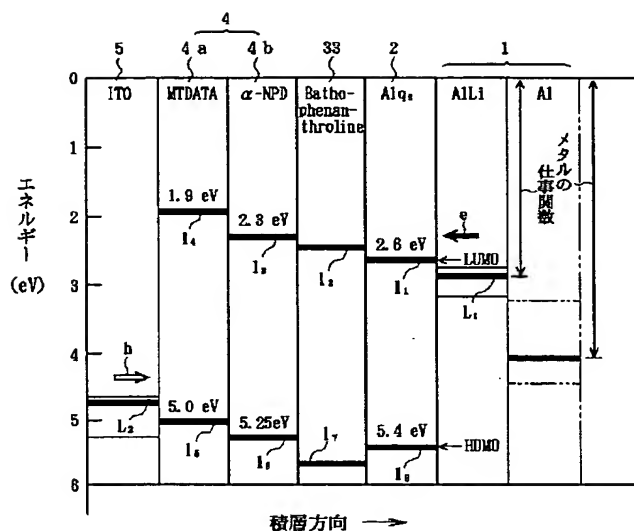


【図 5】

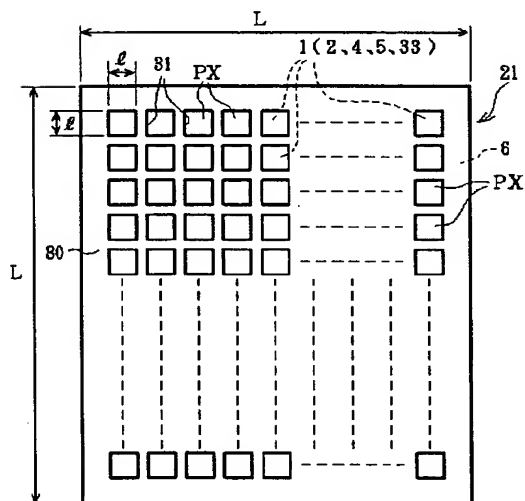
構造式 3（例示化合物 32）：



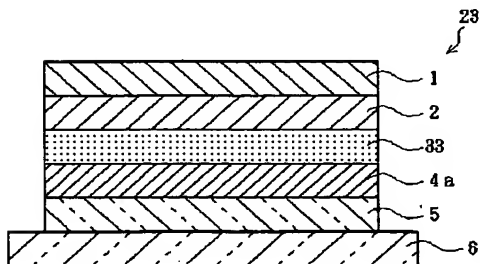
【図6】



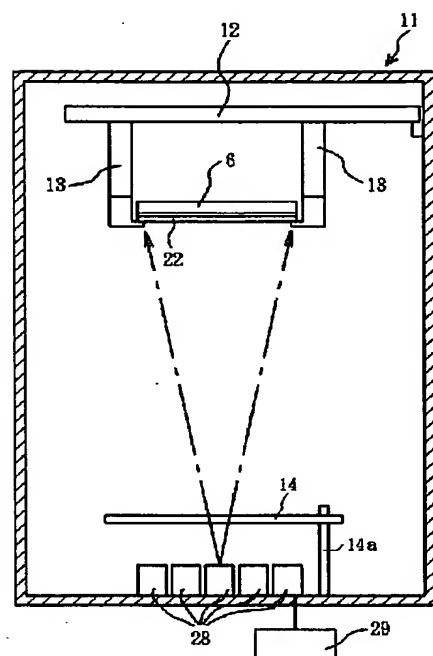
【図8】



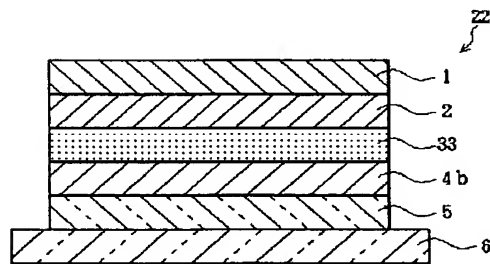
【図10】



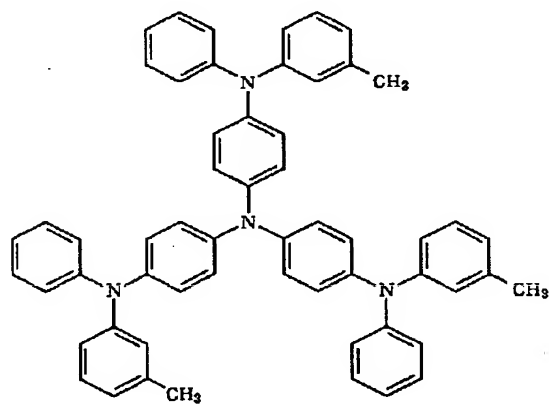
【図7】



【図9】

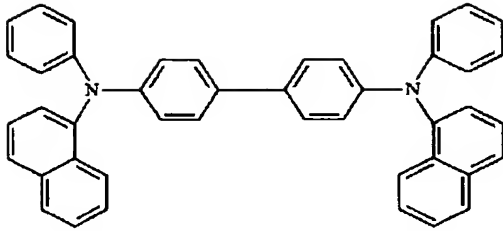


【図11】



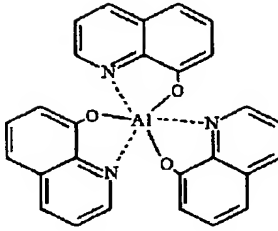
m-MTDATAの構造式

【図12】



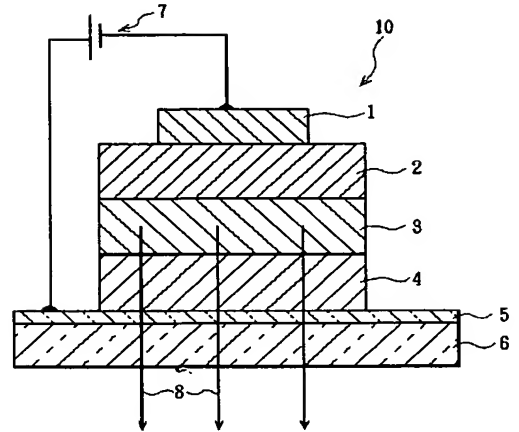
α -ナフチルフェニルジアミンの構造式
(α -NPD)

【図13】

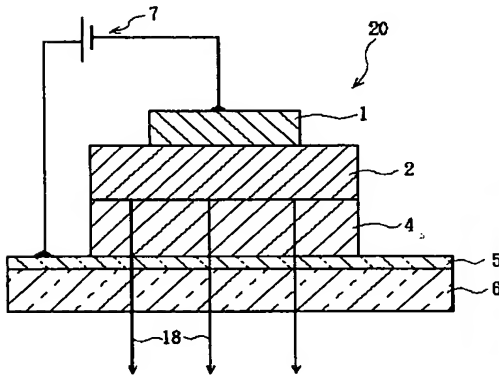


Alq_3 の構造式

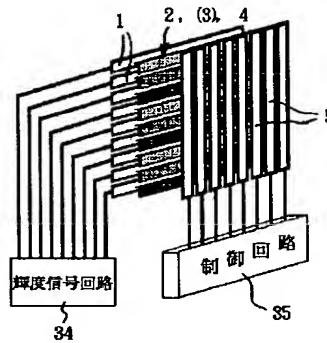
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 浅井 伸利
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 田村 真一郎
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB04 CA00 CA01
CB01 DA00 DB03 EB00 FA01